

Entwurf

Schallimmissionsschutz an Schießständen

Leitfaden für die Genehmigung
von Standortschießanlagen
-LeitGeStand-

Version 0.96

02.03.2015

1 Inhaltsverzeichnis

2	1	Einleitung.....	3
3	2	Rechtliche Grundlagen	5
4	2.1	Einstufung der Schießstände im Immissionsschutzrecht	5
5	2.2	Genehmigungsvoraussetzungen	5
6	3	Sammelstandortschießanlage, Standortschießanlage, Schulschießbahnen.....	9
7	3.1	Zweck, Umfang und Nutzfläche der Standortschießanlage (StOSchAnl)	9
8	3.2	Gliederung nach Schießstandtypen	11
9	3.3	Grundlagen zur Beschreibung der Betriebssituationen.....	14
10	3.4	Bestimmungsgemäße Betriebssituationen.....	17
11	4	Immissionsschutzrechtliche Anforderungen nach TA Lärm	26
12	4.1	Allgemeines.....	26
13	4.2	Anwendbarkeit der ISO 17201 innerhalb eines Schießstandes.....	26
14	5	Vorausberechnung von Schießlärm	28
15	5.1	Einleitung	28
16	5.2	Anwendungsbereich	29
17	5.3	Verweise auf Normen, Richtlinien und Vorschriften.....	30
18	5.4	Definitionen und Festlegungen	31
19	5.5	Ersatzquelle	37
20	5.6	Schießstandquellmodell	43
21	5.7	Schallausbreitungsmodell.....	56
22	6	Geschosknall	70
23	7	Beispiel	71
24	7.1	Einführung.....	71
25	7.2	Berechnung der Ersatzquelle – Anwendung des Schießstandquellmodells.....	72
26	7.3	Berechnung der Schallausbreitung.....	78
27	7.4	Vergleich mit Messungen nach VDI 3745 Blatt 1	80
28	8	Verzeichnisse	83
29	8.1	Symbole und Einheiten	83
30	8.2	Abkürzungen	85
31	8.3	Verweise auf weiterführende Literatur	86
32	8.4	Abbildungen	89
33	8.5	Tabellen.....	91
34	A	Anhang Musternebenbestimmungen (informativ).....	92
35	A.1	Einleitung	92
36	A.2	Grundlage von Auflagen	93
37	A.3	Auflagenvorschlag	99

1 Einleitung

Für die Ausbildung der Streitkräfte sowie für die Erprobung von Waffen und Gerät ist die Bereitstellung geeigneter Schießplätze¹ in Deutschland erforderlich. Ein wichtiger Anteil dieser Schießplätze sind die Sammel- und Standortschießanlagen ((SA-) StOSchAnl). Dort werden wesentliche Fähigkeiten für die Auftragserfüllung durch Ausbildung unter anderem mit Schießen und Üben für den Einsatz erworben.

Schießlärm unterscheidet sich erheblich von anderen Geräuscharten, da der Betrieb eines Schießplatzes durch eine große Zahl verschiedenartiger Emissionssituationen und -orte, unterschiedlicher Waffensysteme mit den zugehörigen Waffen und der daraus verschossenen Munition sowie einer Vielzahl von Anlagen, auf denen die Waffensysteme/Waffen aus variablen Schießpositionen (z.B. Feuerhalte, Schießbahnen) und Schusszahlen zum Einsatz kommen, bestimmt wird. Durch das seit 12/2010 in Kraft gesetzte neue Schießausbildungskonzept für Handwaffen (nSAK HdWa) wird von den beim Schulschießen üblichen festen Schießpositionen auf StOSchAnl abgewichen. Zudem wechseln beim Schießbetrieb Phasen intensiver Nutzung mit Phasen vernachlässigbarer Nutzung, wobei Ruhephasen deutlich überwiegen. Diese Neuerungen des nSAK HdWa stellen u. U. eine wesentliche Änderung bereits genehmigter StOSchAnl dar.

Die bereits vor 1986 existierenden Standortschießanlagen (StOSchAnl) der Bundeswehr, inklusive der Schießanlagen in den Beitrittsländern ab 1993, wurden gem. § 67 (2) BImSchG angezeigt. Sie gelten damit im Sinne des BImSchG als genehmigt. Wird durch die Vorgaben des nSAK HdWa eine Neubewertung und dadurch in Folge eine (Neu)-Anzeige oder Genehmigung einer bestehenden StOSchAnl notwendig, werden hierfür die 1986 bzw. 1993 vorgelegten Bewertungen zugrunde gelegt und im Bedarfsfall aktualisiert.

Der Betriebszustand von Schießanlagen wird gem. 14. BImSchV durch die Öffentlich-rechtliche Aufsicht der Bundeswehr (ÖrABw) überwacht.

Der vorliegende Leitfaden regelt die Zusammenarbeit zwischen den für den Betrieb der StOSchAnl zuständigen Stellen im Geschäftsbereich des BMVg und den Genehmigungsbehörden der Länder. Er regelt außerdem Zuständigkeiten, Anforderungen sowie Maßnahmen, Verant-

¹ Schießplätze im Sinne der Nr. 10.18 des Anhangs zur Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) sind Truppenübungsplätze (TrÜbPl), Erprobungsplätze mit Schieß- und Sprengbetrieb, Standortübungsplätze (StOÜbPl) mit Schießbetrieb, (Sammel-) Standortschießanlagen und Kleinschießplätze

- 1 wortlichkeiten, Abläufe und Aufgaben zur Genehmigung und Überwachung von (Sammel-)
- 2 Standortschießanlagen.
- 3 Das folgende Schaubild gibt einen Überblick über die geografische Lage und Anzahl von
- 4 Schießanlagen in der Bundeswehr:

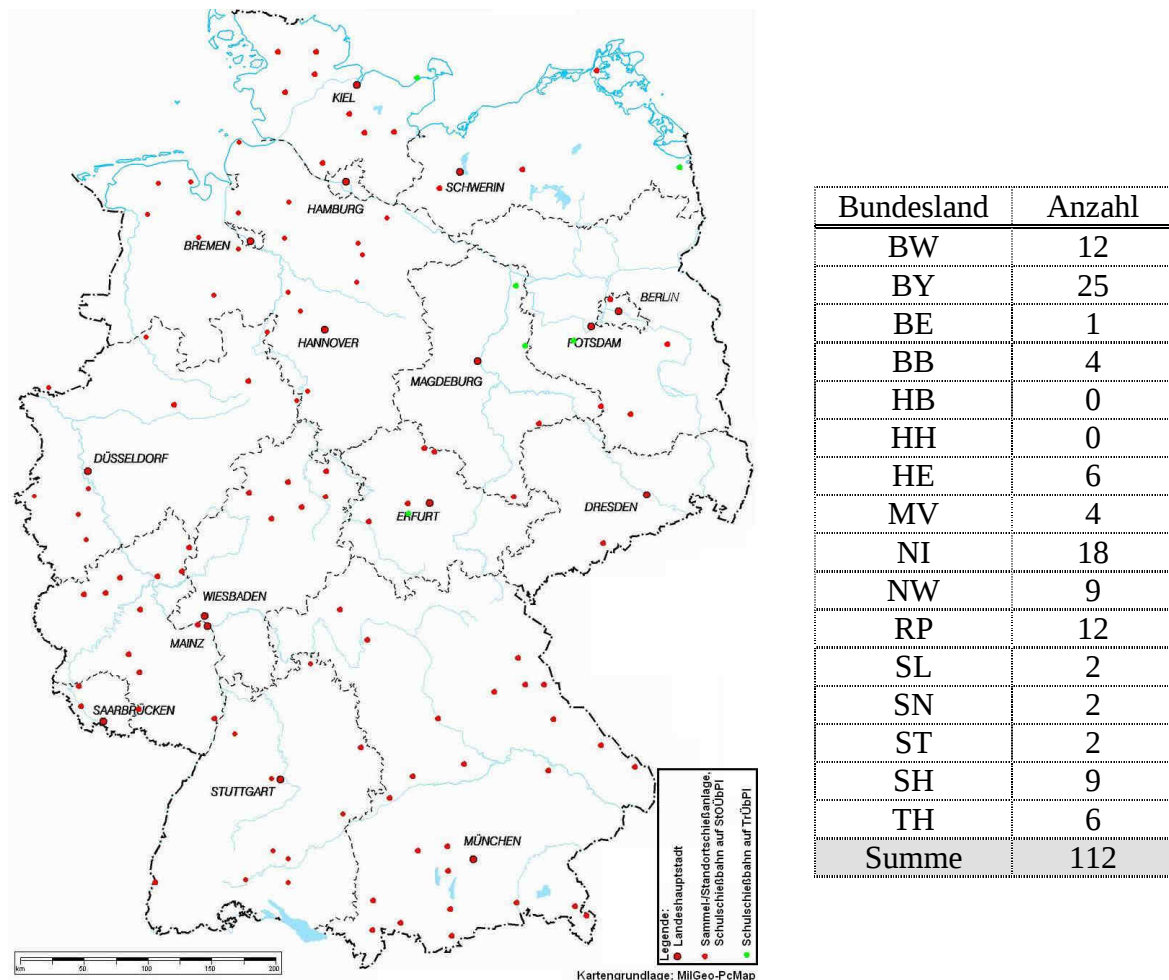


Abbildung 1 Übersicht über die Schießanlagen der Bundeswehr für Handwaffen
(Stand 10/2012, ohne Gewähr)

Der Leitfaden gehört insbesondere in die Hand von

- den nach Landesrecht zuständigen Genehmigungsbehörden
- Kommandeuren/Kommandeurinnen/Dienststellenleitern/Dienststellenleiterinnen und verantwortlichen Personen,
- Angehörigen der Aufsichtsbehörden,
- Arbeitsgruppe Schießstandbau (Arbeitskreis Schießstandbau),
- dem Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr.

Ziel des Leitfadens ist es, vor dem rechtlichen Hintergrund die gängige Verfahrenspraxis eines Genehmigungsverfahrens für Schießstände für Handfeuerwaffen und Schießplätze der Bundeswehr aufzuzeigen.

2 Rechtliche Grundlagen

2.1 Einstufung der Schießstände im Immissionsschutzrecht

Nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) bedürfen die Errichtung und der Betrieb von Anlagen, die in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder die Allgemeinheit zu gefährden, einer Genehmigung nach Maßgabe des BImSchG.

Sämtliche Anlagen, die nach dem BImSchG einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen, sind im Anhang der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) aufgelistet. Hierunter fallen gemäß Nr. 10.18 des Anhanges der 4. BImSchV auch Schießstände für Handfeuerwaffen und Schießplätze der Bundeswehr.

§ 6 BImSchG bestimmt, dass die Genehmigung zu erteilen ist, wenn die dort genannten Genehmigungsvoraussetzungen erfüllt sind. Von der Genehmigungspflicht umfasst sind neben der Errichtung und dem Betrieb (§ 4 BImSchG) auch die wesentliche Änderung der Anlage (§ 16 Abs. 1 BImSchG).

2.2 Genehmigungsvoraussetzungen

Formelle Voraussetzung ist die Stellung eines schriftlichen Antrags (§ 10 Abs. 1 BImSchG). Welches Verfahren nach Stellung des Antrags durchgeführt wird, richtet sich danach, ob das förmliche Verfahren (vgl. § 10 BImSchG und zum Verfahrensgang im Einzelnen die 9. BImSchV) oder das vereinfachte Genehmigungsverfahren (§ 19 BImSchG) Anwendung findet.

Im förmlichen Verfahren wird über die im Anhang der 4. BImSchV mit „G“ gekennzeichneten Anlagen entschieden, im vereinfachten Verfahren über die mit „V“ gekennzeichneten Anlagen. Schießstände sind mit „V“ gekennzeichnet; Daher ist das vereinfachte Verfahren durchzuführen.

Für das vereinfachte Verfahren gilt § 10 Abs. 1, 5, 10 BImSchG. Die 9. BImSchV findet Anwendung mit Ausnahme des § 4 Abs. 3, der §§ 8 - 10a, des § 12, der §§ 14 - 19 und der Vorschriften, die die Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung betreffen (§ 24 der 9. BImSchV). Eine Umweltverträglichkeitsprüfung findet nicht statt.

Materielle Voraussetzung ist die Einhaltung der in § 5 BImSchG normierten Betreiberpflichten, der einschlägigen Rechtsverordnungen gemäß § 7 BImSchG, der Regelungen des Arbeitsschutzes sowie aller anderen öffentlich - rechtlichen Vorschriften, soweit diese anlagenbezogen sind.

§ 5 BImSchG enthält die Grundpflichten für die Errichtung und den Betrieb genehmigungsbedürftiger Anlagen. Der Anlagenbetreiber hat insbesondere darauf hinzuwirken, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vermieden werden (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG) und ausreichende Vorsorgemaßnahmen sichergestellt werden (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG). Im Bereich der Schießanlagen kommt in diesem Zusammenhang insbesondere die Schießsicherheit in Betracht.

Da die sich aus §§ 5, 7 BImSchG ergebenden Grundpflichten den Betreiber als Dauerpflichten während des gesamten Betriebszeitraums binden, ist der durch die Anlagengenehmigung begründete Bestandsschutz aber durch verschiedene Regelungen des BImSchG eingeschränkt. Zu erwähnen sind insbesondere die Regelungen über

- nachträgliche Anordnungen (§ 17 BImSchG)
- Erlöschen der Genehmigung (§ 18 BImSchG)
- Untersagung, Stilllegung und Beseitigung (§ 20 BImSchG)
- Widerruf der Genehmigung (§ 21 BImSchG)

Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung schließt die meisten anderen, für die Anlage erforderlichen behördlichen Entscheidungen, ein. Ziel dieser Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG ist die Koordination des Verwaltungshandelns sowie die Beschleunigung der Vorhabenzulassung. Im Bereich des Baurechts werden Baugenehmigungen und baurechtliche

Ausnahmen und Befreiungen ersetzt. Weiterhin werden Erlaubnisse und Ausnahmen des Naturschutzrechts erfasst. Anlagenbezogene wasserrechtliche Zulassungen werden erfasst, außer Erlaubnisse und Bewilligungen nach § 8 WHG².

Wird innerhalb einer von der Genehmigungsbehörde gesetzten angemessenen Frist nicht mit der Errichtung oder dem Betrieb der Anlage begonnen, erlischt die Anlagengenehmigung (§ 18 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG). Die Genehmigung erlischt ferner dann, wenn eine Anlage während eines Zeitraums von mehr als drei Jahren nicht mehr betrieben worden ist (§ 18 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG).

Das BImSchG gilt für Anlagen jeglicher Art, insbesondere auch für hoheitlich betriebene Anlagen. Daher erfasst es auch Anlagen der Landesverteidigung. Im Hinblick auf diese Anlagen erlaubt jedoch § 60 Abs.1, 2 BImSchG Abweichungen von den Vorgaben des BImSchG. Darüber hinaus können Sonderregelungen in Rechtsverordnungen gemäß §§ 10 Abs. 11, § 59 BImSchG vorgesehen werden.

Gemäß § 10 Abs. 11 BImSchG können für Anlagen der Landesverteidigung durch Rechtsverordnung abweichende Regelungen des Genehmigungsverfahrens getroffen werden. Zweck der Ermächtigung ist der Geheimhaltungsschutz bei militärischen Anlagen³.

§ 59 BImSchG eröffnet die Möglichkeit, bei Anlagen, die der Landesverteidigung dienen, die Vollzugskompetenz durch Rechtsverordnung der Bundesregierung auf Bundesbehörden zu übertragen.

Aufgrund der §§ 10 Abs. 11 und 59 BImSchG ist die Verordnung über Anlagen der Landesverteidigung (14. BImSchV) ergangen. Die Verordnung schafft Sonderzuständigkeiten. Die Vollzugskompetenz wird insoweit auf den Bundesminister der Verteidigung oder die von ihm bestimmte Stelle übertragen, als es sich um die Überwachung von Anlagen der militärischen Landesverteidigung - für die Bundeswehr bezogen auf Anlagen, die sich innerhalb militärischer Sicherheitsbereiche befinden - handelt⁴.

Für die Änderung genehmigungsbedürftiger Anlagen sehen die §§ 15 und 16 BImSchG ein gestuftes Verfahren vor:

- Anzeigepflicht der beabsichtigten Änderungen gemäß § 15 BImSchG;
- Genehmigungsbedürftigkeit bei wesentlichen Änderungen gemäß § 16 BImSchG.

² Jarass, Kommentar Bundes - Immissionsschutzgesetz, § 13, Rn. 3 ff.

³ Jarass, Kommentar Bundes - Immissionsschutzgesetz, § 10, Rn. 8.

⁴ Feldhaus, Kommentar Bundes – Immissionsschutzgesetz, Band 3, B 2.12, S. 2.

Nach § 15 Abs. 1 BImSchG sind Änderungen der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebes einer genehmigungsbedürftigen Anlage der nach Landesrecht zuständigen Behörde mindestens einen Monat vor deren Durchführung schriftlich anzuzeigen, wenn sich die Änderung auf die in § 1 Abs. 1 BImSchG genannten Schutzgüter (Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur und sonstige Sachgüter) auswirken kann.

Nach § 16 BImSchG sind wesentliche Änderungen genehmigungsbedürftig. Eine Änderung ist nach der Legaldefinition des § 16 Abs. 1 S. 1 Hs. 1 BImSchG wesentlich, wenn durch sie nachteilige Auswirkungen für die Schutzgüter des § 1 Abs. 1 BImSchG hervorgerufen werden können und diese bei der Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen nach § 6 erheblich sein können. Die Auswirkungen müssen nachteilig sein, das heißt sie müssen im Hinblick auf die Anforderungen des § 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG negativ zu bewerten sein⁵.

Eine Genehmigung ist gemäß § 16 Abs. 1 S. 2 BImSchG nicht erforderlich, wenn die durch die Änderung hervorgerufenen nachteiligen Auswirkungen offensichtlich gering sind und die Erfüllung der sich aus § 6 BImSchG ergebenden Anforderungen sichergestellt ist. Wenn die Geringfügigkeit der Änderung erst durch gleichzeitig vorgesehene Schutzmaßnahmen (z. B. Verringerung der Schusszahlen) erreicht wird, ist sie als solche nicht offensichtlich.

Das Verfahren für die Änderungsgenehmigung ist das Gleiche wie bei der Erstgenehmigung und richtet sich somit nach § 10 BImSchG sowie nach der 9. BImSchV.

⁵ Jarass, Kommentar Bundes - Immissionsschutzgesetz, § 16, Rn. 9.

3 Sammelstandortschießanlage, Standortschießanlage, Schulschießbahnen

3.1 Zweck, Umfang und Nutzfläche der Standortschießanlage (StOSchAnl)

Für die Schießausbildung der Truppe unterhält die Bundeswehr u.a. Standortschießanlagen (StOSchAnl), Sammelstandortschießanlagen (SaStOSchAnl) und Schulschießbahnen (nachfolgend alle nur als StOSchAnl bezeichnet). Die Standortschießanlage soll den Truppenteilen eines Standortes, die Sammelstandortschießanlage (SaStOSchAnl) Truppenteilen mehrerer Standorte, die Durchführung von Schulschießen mit Handwaffen sowie von Übungen der vorbereitenden Schießausbildung mit Bordwaffen ermöglichen.

Die Schießausbildung ist in den Schießvorschriften sowie in den beiden Vorschriften „Bestimmungen für die Durchführung der Schießausbildung mit Handwaffen nach neuem Schießausbildungskonzept – nSAK“ und „Schießen mit Handwaffen“ – ZDv 3/12 grundsätzlich geregelt.

Zu den Handwaffen der Bw gehören

- Pistole,
- Maschinenpistole,
- Gewehr,
- Maschinengewehr.

Die Schießausbildung auf der StOSchAnl umfasst im Wesentlichen die Schießausbildung des Einzelschützen in allen Anschlags- und Feuerarten mit Gefechtsmunition.

Dazu sind in den Schießvorschriften und im nSAK Schießübungen festgelegt, die der Soldat in Abhängigkeit von seinem Ausbildungsstand und seinem Einsatz in festgelegten Zeiträumen absolviert. Diese Übungen kennzeichnen in ihrem jeweils aktuellen Stand und ihren jeweils aktuellen Änderungen abschließend den bestimmungsgemäßen Betrieb einer StOSchAnl. Änderungen dieser Vorschriften werden z. B. erforderlich, wenn sich Einsatzszenarien der Streitkräfte ändern. Jede Übung ist als eine unabhängige Betriebssituation aufzufassen.

Die Übungen in den Vorschriften sind jeweils im Hinblick auf die akustische Einordnung der Betriebssituation durch folgende akustisch relevanten Eigenschaften gekennzeichnet

- Schießstandtyp

Auf einer StOSchAnl werden A-Stände mit einer maximalen Zielentfernung von 250 m mit maximal 6 parallelen Schießbahnen und D-Stände mit einer maximalen Zielentfernung von 25 m und 2 parallelen Schießbahnen vorgehalten,

- einzusetzende Handwaffe und Munition,

Zum Einsatz kommen Gewehre (z. B. G36), Pistolen (z. B. P8), Maschinengewehre (z. B. MG3) und Maschinenpistolen (z. B. MP7) jeweils mit Gefechtsmunition mit sachgerechten Zielentfernung(en) beim statischen Schießen bzw. sachgerechten Zonen beim Schießen aus der Bewegung,

- Zielentfernungen

Häufig vorkommende Zielentfernungen (Schießlinien) sind 250 m, 200 m, 150 m, 100 m, 50 m, 25 m auf einem A-Stand, 25 m, 20 m auf einem D-Stand,

- Anschlag

Die Anschlagsarten sind abhängig vom Zweck der Übung; sie bestimmt insbesondere die Höhe der Waffenmündung über der Schießstandfläche beim Schuss.

- erforderliche Lichtverhältnisse (Helligkeit oder Dunkelheit),

In Abhängigkeit von der Jahreszeit bestimmt diese Eigenschaft die Tageszeit, in der die Übung durchgeführt wird, die wiederum zu unterschiedlichen Zuschlägen bzw. Beurteilungszeiten führen.

- Anzahl der abzugebenden Schüsse

Die Anzahl der Schüsse bzw. der Feuerstöße werden jeweils für das Durchlaufen der Übung für einen auszubildenden Soldaten angegeben.

Der bauliche Umfang einer StOSchAnl ist abhängig von der Anzahl der auf die Anlage zugeordneten Truppenteile. Der Landbedarf für eine StOSchAnl beträgt ca. 3-5 ha. Grundsätzlich wird für jeden Standort eine StOSchAnl gefordert. Erscheint der Bau und Unterhalt von kleinen StOSchAnl unwirtschaftlich oder stehen keine geeigneten Baugrundstücke für mehrere Einzelanlagen zur Verfügung, so können für die Truppenteile aus mehreren benachbarten Standorten Sammelstandortschießanlagen (SaStOSchAnl) gebaut werden.

Standorte, die über keine Standortschießanlage verfügen, aber in unmittelbarer Nähe eines Truppenübungsplatzes (TrÜbPl) oder größeren Standortübungsplatzes (StOÜbPl) liegen, werden auf die Nutzung einer dort vorhandenen Schulschießbahn angewiesen.

3.2 Gliederung nach Schießstandtypen

3.2.1 Übersicht

Auf Standortschießanlagen können verschiedene Schießstandtypen vorhanden sein. Der Typ und die Anzahl sind abhängig vom Bedarf der Standorttruppe.

Schießstandtypen können sein:

- Schießstand Typ A, 250 m Schießstand mit Zielgeländefläche
- Schießstand Typ D, 25 m Schießstand ohne Zielgeländefläche

Schulschießbahnen auf TrÜbPl bzw. StOÜbPl bestehen aus

- 2 Schießbahnen 250 m und
- 1 Schießbahn 50 m.

Abweichungen hiervon sind möglich, z. B. Altanlagen oder bei Gaststreitkräften.

3.2.2 Aufbau Schießstand Typ A

Der A-Stand besteht aus einer Standfläche mit ca. 20 m Breite und einer Länge von ca. 265 m, wobei bei der Position 0 m die Hauptzielebene mit der Geschossfangkammer (mit Sand-Geschossfang oder Gummigranulat-Geschossfang) angeordnet ist. Der Bereich von Position 0 m bis zur Position 50 m ist als Zielraum ausgebildet.

Der Zielraum ist seitlich mit senkrechten, beschusssicheren Wänden begrenzt, quer zur Schussrichtung befinden sich - je nach Absicherungsgrad - 5 oder 10 in gleichmäßigen Abständen verteilte Zielraumblenden. Auf der restlichen Standfläche können, ebenfalls in Abhängigkeit des Absicherungsgrades bzw. der zu berücksichtigenden Freifliegerbereiche in Schussrichtung -keine- oder bis zu 8 Höhenblenden vorhanden sein (Abbildung 2 und 3). Die seitliche Abgrenzung des letztgenannten Bereiches erfolgt durch seitliche Wälle, alternativ durch Betonwände.

Geschossen werden darf auf der gesamten Fläche (beginnend von der Mindestzielentfernung) bis zur Position 250 m. Die Anschlagarten sind bis ca. 100 m stehend, ab 200 m liegend, dazwischen kniend. Eine weitere Anschlagart ist sitzend mit z. B. einem Anschusstisch, dies kann auf der gesamten Fläche vorkommen.

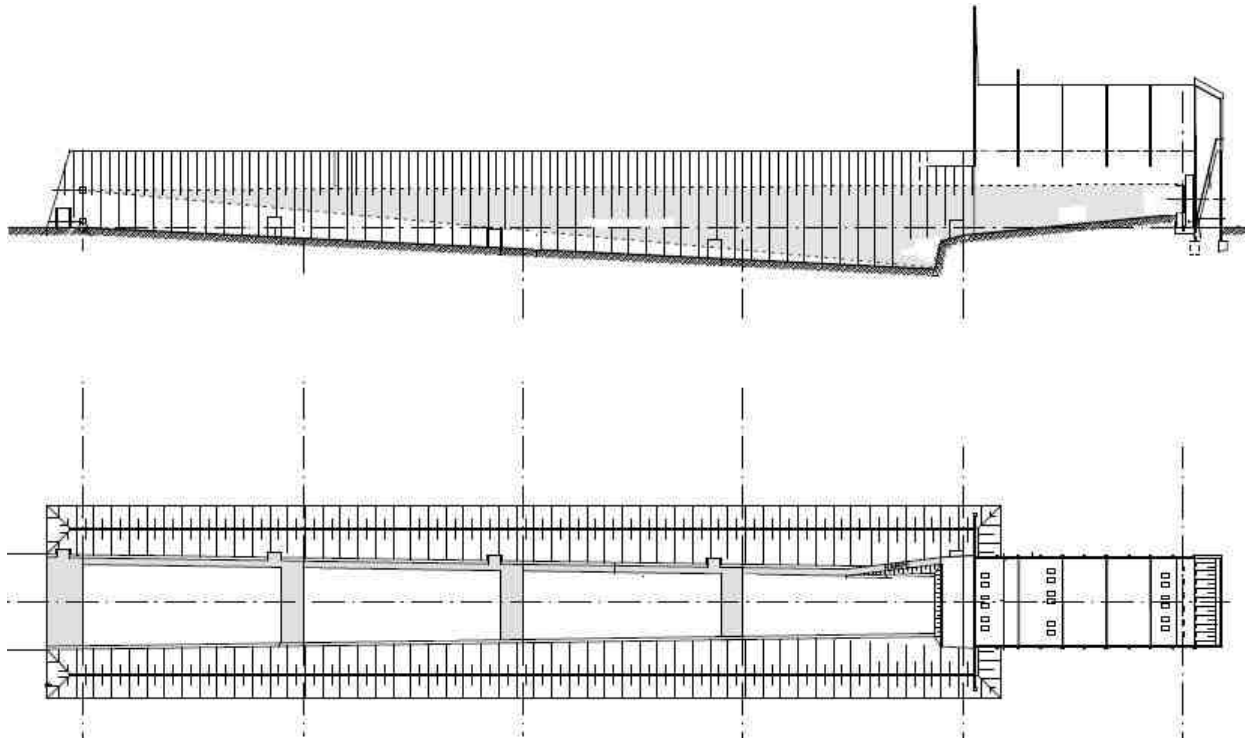


Abbildung 2 Schießstand Typ A 250m mit Absicherungsgrad I

(in Schussrichtung gestaucht dargestellt)

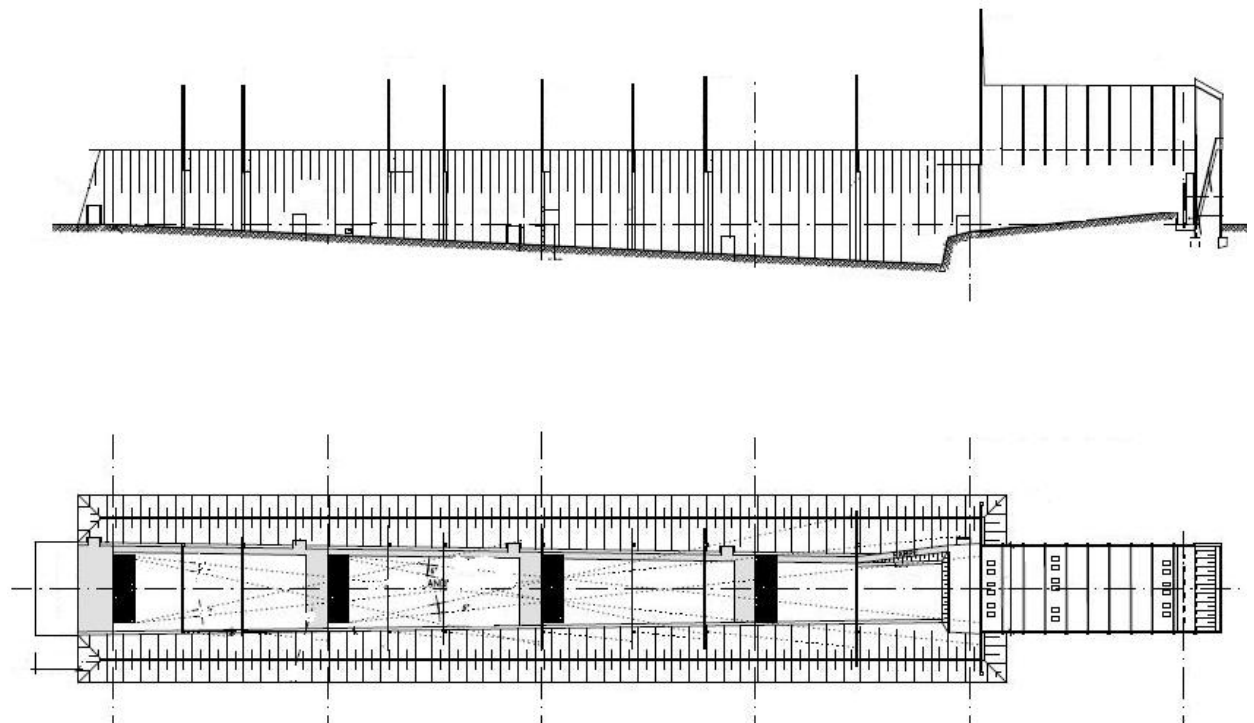


Abbildung 3 Schießstand Typ A 250 m mit Absicherungsgrad IV
(in Schussrichtung gestaucht dargestellt)

3.2.3 Aufbau Schießstand Typ D

Der D-Stand besteht aus einer Standfläche mit ca. 6,50 m Breite und einer Länge von ca. 30 m, wobei bei der Position 0 m die Hauptzielebene mit der Geschossfangkammer (mit Sand-Geschossfang oder Gummigranulat-Geschossfang) angeordnet ist (Abbildung 4). Auf der Standfläche sind keine Höhenblenden vorhanden. Die seitliche Abgrenzung der gesamten Standfläche erfolgt durch seitliche Wälle oder Stahlbetonwände.

Die Schützenposition 25 m ist gegenüber den Positionen 0 m bis 20 m leicht erhöht, diese Position wird ausschließlich für das Schießen mit Maschinengewehren genutzt.

Die Anschlagart ist bis 20 m stehend, auf der 25 m-Position liegend.

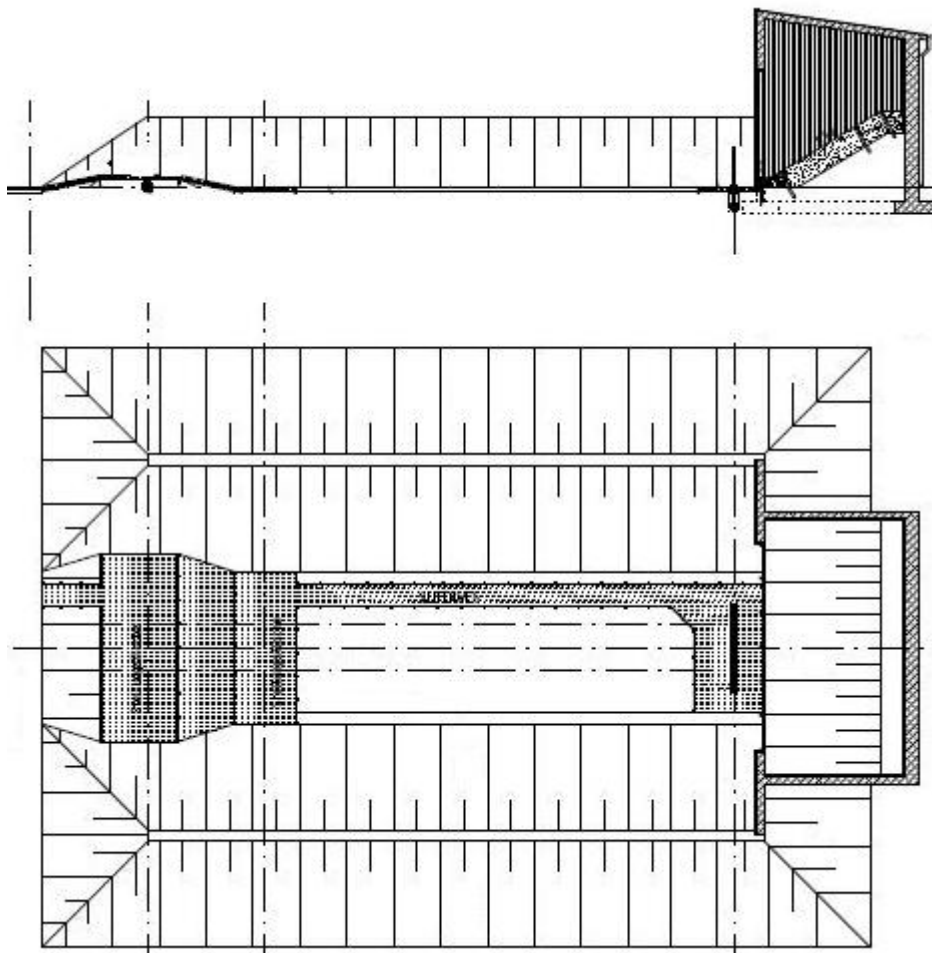


Abbildung 4 Schießstand Typ D 25 m mit Absicherungsgrad I

3.2.4 Aufbau Schulschießbahn

Die Schulschießbahn (-anlage) besteht aus zwei Schießbahnen von je ca. 24 m Breite und ca. 270 m Länge. Zwischen diesen Schießbahnen ist eine kurze Schießbahn von ca. 35 m Länge und ebenfalls ca. 24 m Breite angeordnet. Alle Schießbahnen sind mit Seitenwällen untereinander abgetrennt.

Bei Schulschießbahnen gibt es keine Höhenblenden und keinen Geschossfang, daher können solche Schießanlagen ausschließlich auf Flächen angelegt werden, bei denen in Schussrichtung ausreichend Bundeswehrgelände als Sicherheitsbereiche zur Verfügung stehen.

Die Nutzung der Schulschießbahn entspricht der Nutzung eines A- und eines D-Standes.

3.3 Grundlagen zur Beschreibung der Betriebssituationen

3.3.1 Schießstandbezugssystem

Der Schießstandbezugspunkt SBP ($x = 0, y = 0, z = 0$) liegt in der Zieleinrichtungsebene ZEE ($x = 0$), der Schießstandmittelebene ($y = 0$) und der Schießstandbezugsebene SBE ($z = 0$).

Die Schießstandfläche ist bei einem A-Stand ausgehend von der Station 250 m ($x = 250, z = 0$) so geneigt, dass sie in der Ebene $x = 54,75$ eine Höhe von $z = -1,93$ m erreicht. Dort springt die Höhe der Schießstandfläche auf $z = -0,35$ m, um dann bis zur Zieleinrichtungsebene auf $z = +0,6$ m anzusteigen, siehe Abbildung 5.

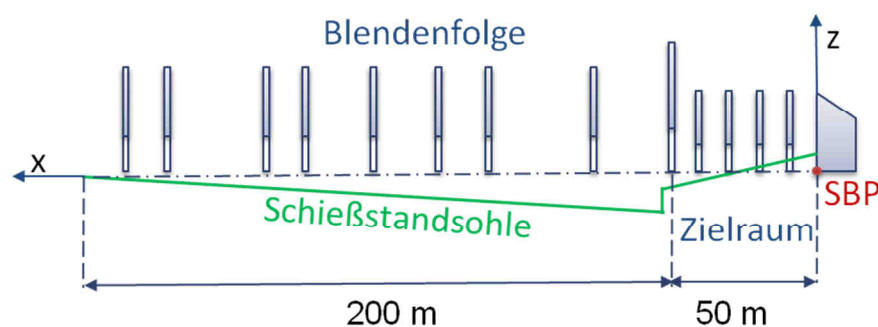


Abbildung 5 Skizze zum Bezugssystem im Schießstandtyp A,
Darstellung in der Schießstandmittelebene
Schießrichtung von links nach rechts
Absicherungsgrad III

- 1 Bei einem D-Stand ist die Schießstandfläche waagrecht. An der Station 25 m befindet sich
2 eine um 0,5 m erhöhte Stellungsfläche, siehe Abbildung 6.

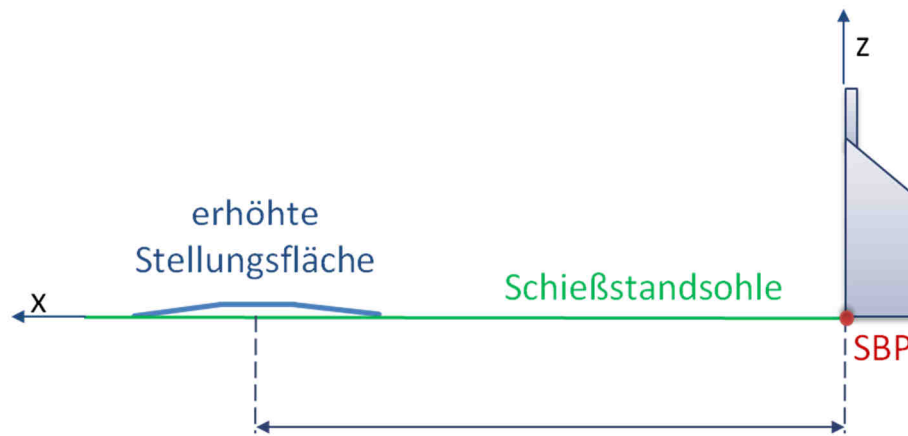


Abbildung 6 Skizze zum Bezugssystem im Schießstandtyp D
Darstellung in der Schießstandmittelebene
Schießrichtung von links nach rechts

3.3.2 Anschlagsart

- 8 Alle Anschlagsarten werden drei Klassen zugeordnet, die die maßgebliche Höhe der Schall-
9 quelle (Emissionsort) über dem lokalen Erdboden (Schießstandfläche des A-Standes bzw.
10 Stellungsfläche bei der Station 25 des D-Standes) festlegen:

	1	2	3
1	Klasse	maßgebliche Höhe	Anschlagsart
2	T	0,2 m	liegend
3	M	0,7 m	kniend, sitzend aufgelegt, aus Hüfte
4	H	1,6 m	stehend

Tabelle 1 Klassierung der Anschlagsarten

3.3.3 Schießentfernung

Die Zielentfernungen, die Zuordnung zu den Stationen eines Schießstandes und die Orts- und Bereichsangaben bei Schießübungen aus der Bewegung in den Vorschriften werden zunächst Abstandszonen zugeordnet. Die Abstandsangaben erfolgen als x-Werte im Schießstandbezugssystem. Tabelle 2 definiert die Zonen und den zur jeweiligen Zone gehörenden maßgeblichen Abstand.

	1	2	3	4
1	Zone	Abstand		maßgeblicher Abstand
2		von	bis	
3	ZI	0 m	15 m	12,5 m
4	ZII	15 m	35 m	25 m
5	Z50	35 m	70 m	50 m
6	Z100	70 m	125 m	100 m
7	Z150	125 m	175 m	150 m
8	Z200	175 m	225 m	200 m
9	Z250	225 m	250 m	250 m

*Tabelle 2 Einteilung der Abstandszonen auf einem Schießstand (soweit zutreffend)
mit Angabe des maßgeblichen Abstandes.
Die Abstände sind x-Werte im Schießstandbezugssystem.*

Durch den maßgeblichen Abstand und die maßgebliche Höhe wird der maßgebliche Emissionsort für das Schießen in einer Abstandszone und in einer Anschlagsart festgelegt.

3.3.4 Tageszeit

Die Betriebssituationen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie entweder bei Helligkeit oder bei Dunkelheit durchzuführen sind. Die Tageszeit, in der die Schießen bei Dunkelheit durchgeführt werden, hängt von der Jahreszeit ab. In der Regel finden diese Schießübungen nur in den Sommermonaten in der lärmakustischen Beurteilungszeit ‚Nachts‘ statt, sonst in der Beurteilungszeit ‚Tags‘.

3.3.5 Mündungsknalle der Waffen

Die Mündungsknalle der Waffen unterscheiden sich in ihrer Quellstärke und ihrer Richtcharakteristik. Es wird zwischen einem Gewehr G, einem Maschinengewehr MG einer Maschinenpistole MP und der Pistole P unterschieden, falls nicht eine konkrete Waffe bei der Betriebssituation zu verwenden ist

Die akustischen Quelldaten für die Handwaffenklassen Gewehr G, Pistole P, Maschinengewehr MG und Maschinenpistole MP werden vom Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDbw GS II 2 [15]) bereitgestellt.

3.4 Bestimmungsgemäße Betriebssituationen

3.4.1 Nutzungen von Schießanlagen der Bundeswehr

Für alle Schießanlagen erstellt die Bundeswehr ein Konzept zur Nutzung, in dem der grundsätzliche Betrieb dieser Anlagen beschrieben und festgelegt ist. Die Nutzung einer Standort-schießanlage oder Sammelstandortschießanlage ist im Sinne der TA Lärm bestimmungsgemäß, wenn die Nutzung nach Maßgabe dieser Vorschrift erfolgt.

3.4.2 Erläuterung zu den Tabellen

Die in diesem Kapitel enthaltenen Tabellen geben zeilenweise die bestimmungsgemäßen Betriebssituationen an. In der jeweiligen Spalte 1 ‚BS‘ wird die Betriebssituation durch einen Bezeichner eindeutig gekennzeichnet. Die Spalte 2 ‚Waffe‘ benennt die bei der Betriebssituation zum Einsatz kommende Waffe. In den folgenden Spalten wird die Anzahl der Schüsse in Abhängigkeit von der Abstandszone und der Anschlagklasse angegeben, die jeder Soldat nach Maßgabe der Vorschriften bei der Durchführung der Übung abgibt.

Nach den Tabellen werden zwei Verteilungen graphisch dargestellt, die unter Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen die relative Häufigkeit von Emissionsorten nach den Abstandszonen bzw. nach den Anschlagklassen angeben.

Nebenbestimmungen zum Betrieb einer StOSchAnl beziehen sich in der Regel auf bestimmungsgemäße Betriebssituationen. Im Anhang A „Musternebenbestimmungen“ werden die Betriebssituationen zur Kennzeichnung von zulässigen Auslastung der StOSchAnl verwendet.

3.4.3 A-Stand bei Helligkeit

Die Zone ZI nach Tabelle 2 wird auf einem A-Stand nicht genutzt. Die Spalte für diese Zone ist deshalb in Tabelle 3 weggelassen.

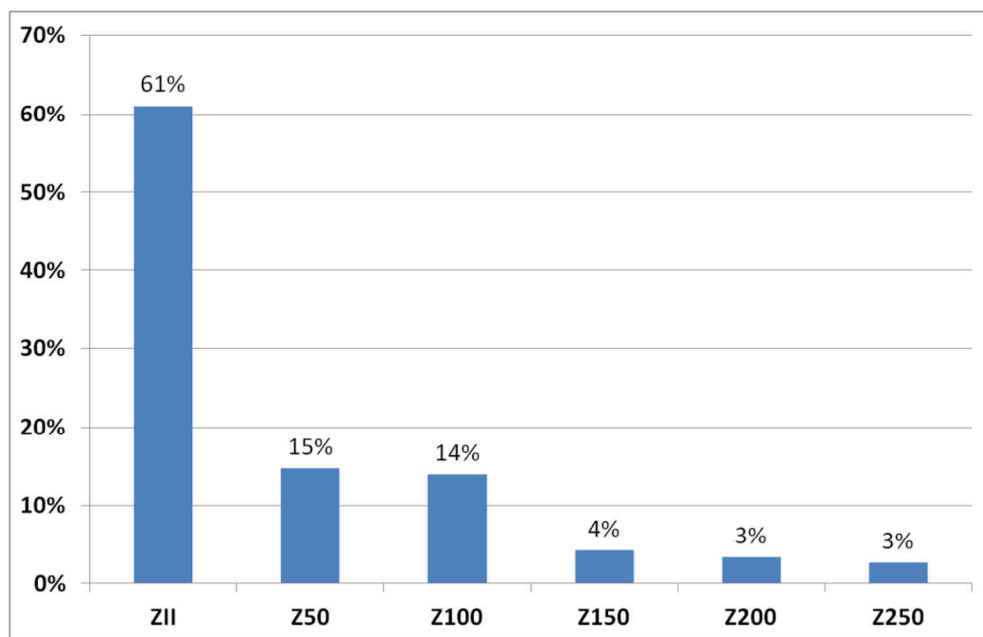
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	BS	Waffe	ZII			Z50			Z100			Z150			Z200			Z250		
2			T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H
3	A-H-1	G			9															
4	A-H-2	G			10															
5	A-H-3	G			18															
6	A-H-4	G			20															
7	A-H-5	G			21															
8	A-H-6	G			22															
9	A-H-7	G			24															
10	A-H-8	G			27															
11	A-H-9	G				4	4	4												
12	A-H-10	G					4	4				4					4			
13	A-H-11	G						5	5					5						

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	BS	Waffe	ZII			Z50			Z100			Z150			Z200			Z250		
2			T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H
14	A-H-12	G						25												
15	A-H-13	G							6			6	6		6			3		
16	A-H-14	G								3										
17	A-H-15	G								10										
18	A-H-16	G								5										
19	A-H-17	G3		8			7													
20	A-H-18	G3					5													
21	A-H-19	G3							6											
22	A-H-20	G3								3										
23	A-H-21	G3								5										
24	A-H-22	G3									4		4			4			4	
25	A-H-23	G3									12									
26	A-H-24	G3									20									
27	A-H-25	G3												6			9	6		
28	A-H-26	G36			10															
29	A-H-27	G36						5	5					5						
30	A-H-28	G36						15												
31	A-H-29	G36								8		4					4			
32	A-H-30	G36								10										
33	A-H-31	G36									3									
34	A-H-32	G36													4					4
35	A-H-33	G36																10		
36	A-H-34	MG	10																	
37	A-H-35	MG	15																	
38	A-H-36	MP	5																	
39	A-H-37	MP	10																	
40	A-H-38	MP	12																	
41	A-H-39	MP	24																	
42	A-H-40	MP	30																	
43	A-H-41	MP		15																
44	A-H-42	MP			10															
45	A-H-43	MP			14															
46	A-H-44	MP			16															
47	A-H-45	MP			18															
48	A-H-46	MP			24															
49	A-H-47	MP			27															
50	A-H-48	MP			36															
51	A-H-49	MP				20														
52	A-H-50	MP					3													
53	A-H-51	MP					15		4	2	4									
54	A-H-52	MP					15			2	8									
55	A-H-53	MP							3	3	3									
56	A-H-54	MP								3										
57	A-H-55	MP								4	4	4					4			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	BS	Waffe	ZII			Z50			Z100			Z150			Z200			Z250		
2			T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H
58	A-H-56	P	2	2	2															
59	A-H-57	P		4	4			4												
60	A-H-58	P		6	6															
61	A-H-59	P		9	9															
62	A-H-60	P			3															
63	A-H-61	P			5															
64	A-H-62	P			10															
65	A-H-63	P			12															
66	A-H-64	P			18															
67	A-H-65	P			20															
68	A-H-66	P			20															
69	A-H-67	P			21															
70	A-H-68	P			22															
71	A-H-69	P			23															
72	A-H-70	P						6												
73	A-H-71	P						8												

1

Tabelle 3 Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem A-Stand bei Helligkeit



2

3

4

Abbildung 7 Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Helligkeitsschießen

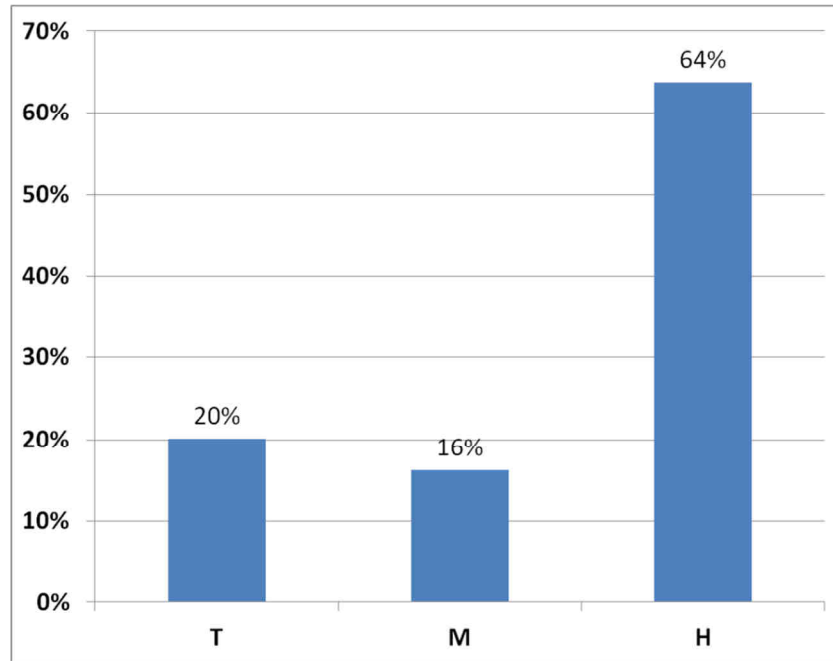


Abbildung 8 Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Helligkeitsschießen

3.4.4 A-Stand bei Dunkelheit

Die Zone ZI nach Tabelle 2 wird auf einem A-Stand nicht genutzt. Die Spalte für diese Zone ist deshalb in Tabelle 4 weggelassen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	BS	Waffe	ZII			Z50			Z100			Z150			Z200			Z250		
2			T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H
3	A-D-1	G							5											
4	A-D-2	G										6								
5	A-D-3	G3										5								
6	A-D-4	G3										6	(6)							
7	A-D-5	G36										6								
8	A-D-6	G36							5	(5)										
9	A-D-7	MP				30														
10	A-D-8	P						6												

Tabelle 4 Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem A-Stand bei Dunkelheit

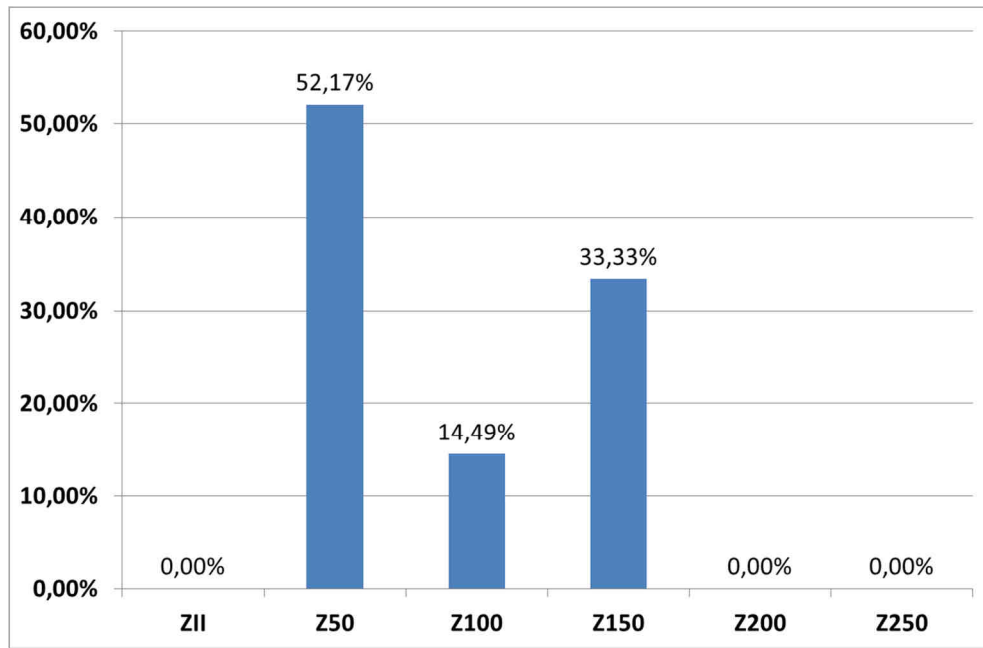


Abbildung 9 Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Dunkelheitsschießen

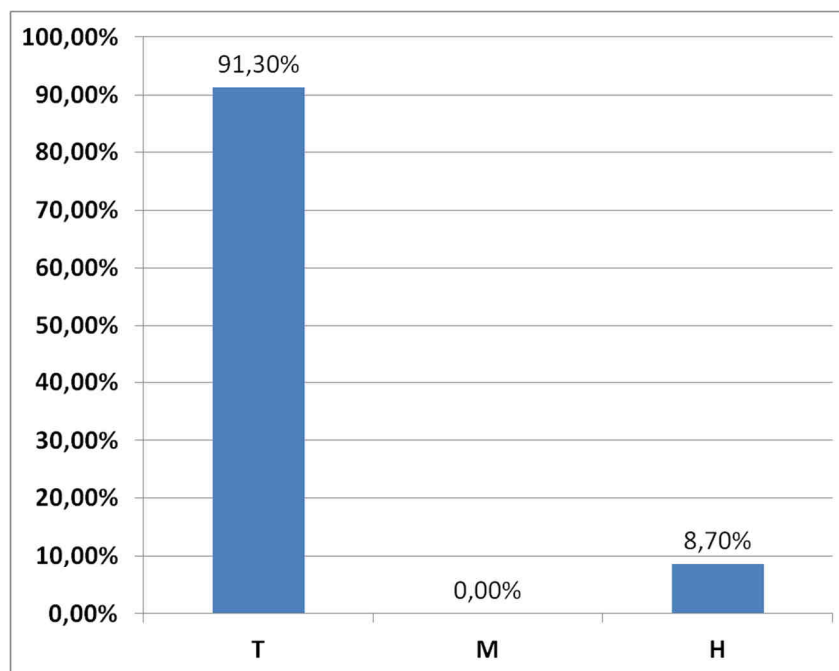


Abbildung 10 Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen

1 3.4.5 D-Stand bei Helligkeit

- 2 Auf einem D-Stand werden nur die Zonen ZI und ZII nach Tabelle 2 vorgehalten. Tabelle 5
- 3 enthält deshalb nur Spalten für diese beiden Zonen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	BS	Waffe	ZI			ZII		
2			T	M	H	T	M	H
3	D-H-1	G	2	2	2	2	2	2
4	D-H-2	G			7			3
5	D-H-3	G			9			
6	D-H-4	G			12			6
7	D-H-5	G			13			9
8	D-H-6	G			16			8
9	D-H-7	G			18			9
10	D-H-8	G			18			
11	D-H-9	G			20			
12	D-H-10	G			24			
13	D-H-11	MG				4		
14	D-H-12	MG				5		
15	D-H-13	MG				10		
16	D-H-14	MG				15		
17	D-H-16	MG				20		
18	D-H-17	MG				50		
19	D-H-18	MP			7			3
20	D-H-19	MP			14			
21	D-H-20	MP			16			8
22	D-H-21	MP			16			
23	D-H-22	MP			18			
24	D-H-23	MP			24			
25	D-H-24	MP			27			
26	D-H-25	MP				5		
27	D-H-26	MP				10		
28	D-H-27	MP				12		
29	D-H-28	MP				24		
30	D-H-29	P		9	9			
31	D-H-30	P			10			
32	D-H-31	P			12			
33	D-H-32	P			18			
34	D-H-33	P			20			
35	D-H-34	P			20			
36	D-H-35	P			21			
37	D-H-36	P			22			
38	D-H-37	P			23			
39	D-H-38	P						5

4

Tabelle 5 Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem D-Stand bei Helligkeit

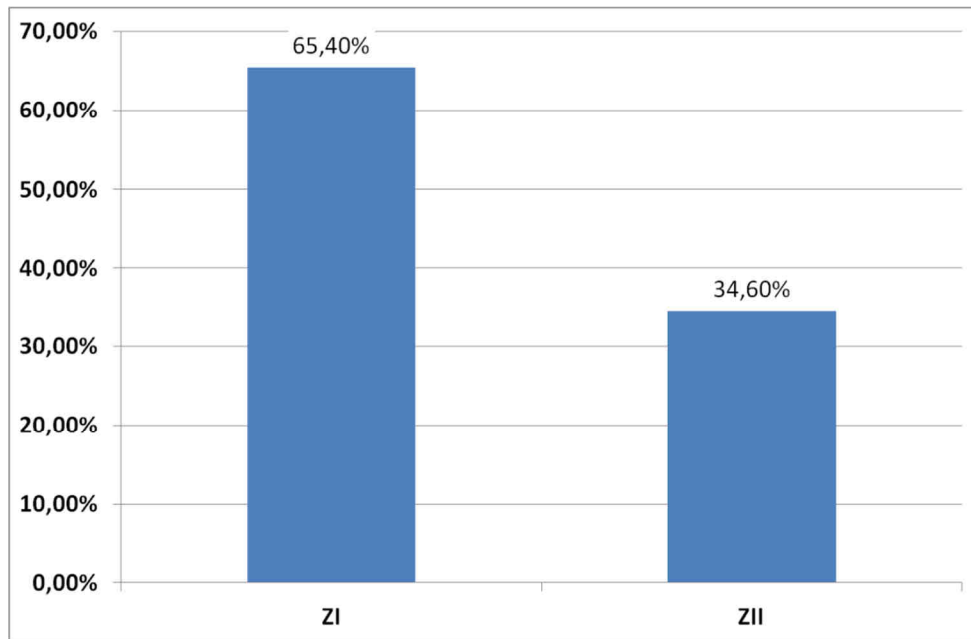


Abbildung 11 Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Helligkeitsschießen

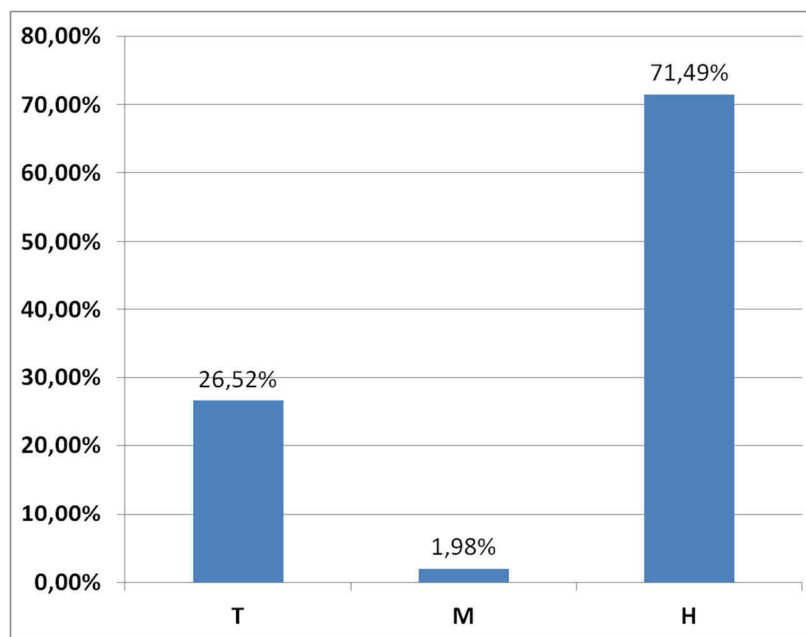


Abbildung 12 Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Helligkeitsschießen

3.4.6 D-Stand bei Dunkelheit

Auf einem D-Stand werden nur die Zonen ZI und ZII nach Tabelle 2 vorgehalten. Tabelle 6 enthält deshalb nur Spalten für diese beiden Zonen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	BS	Waffe	ZI			ZII		
2			T	M	H	T	M	H
3	D-D-1	MG				15		

Tabelle 6 Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem D-Stand bei Dunkelheit

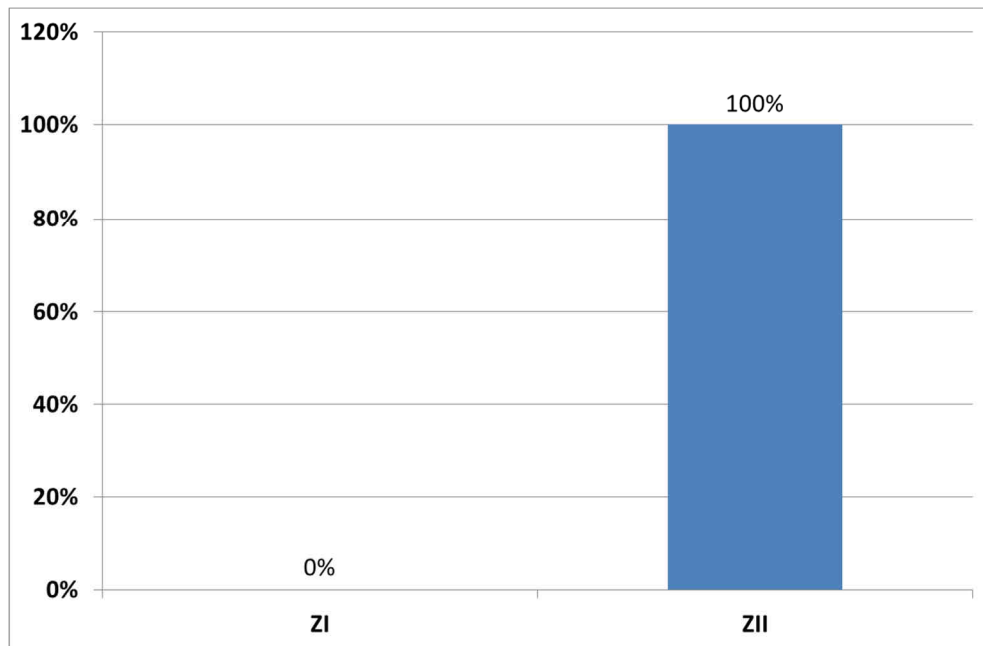
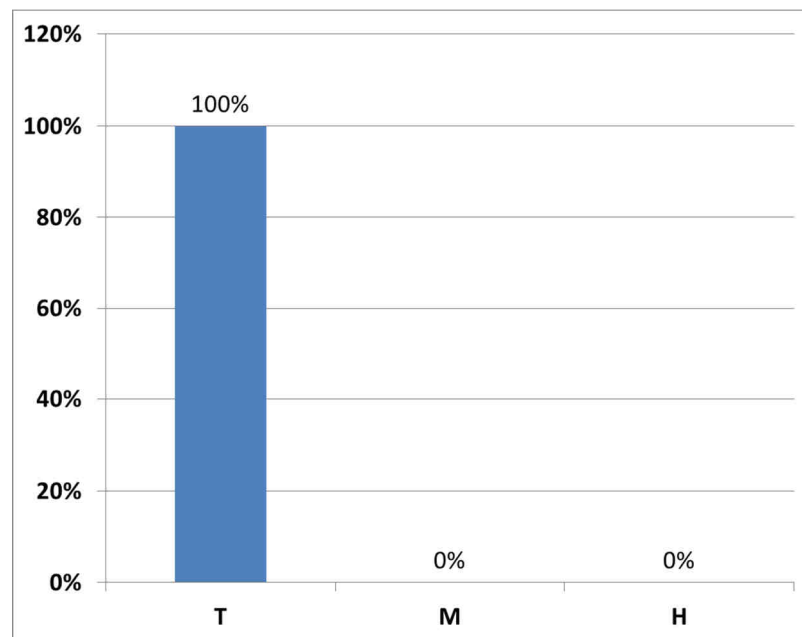


Abbildung 13 Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen



1

2

3

Abbildung 14 Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen

4 Immissionsschutzrechtliche Anforderungen nach TA Lärm

4.1 Allgemeines

Die TA-Lärm regelt generell die Ermittlung und Beurteilung von Geräuschemissionen. Sie verweist dabei für die Ermittlung der Geräuschemission durch Prognose auf die Nummer A.2 und für die Ermittlung der Geräuschemission durch Messung auf die Nummer A.3 ihrer Anhänge.

Die TA-Lärm trägt den Besonderheiten von Schießständen insofern Rechnung, als sie in der Nummer A.1.6 explizit Vorgaben für die Ermittlung von Schießgeräuschemissionen und damit unmittelbar für die Anlage „Schießstand“ macht. Jedoch entsteht dadurch gleichzeitig eine Regelungslücke, denn die Vorgaben der Nummer A.1.6 beziehen sich im Wesentlichen nur auf die Messung von Schießgeräuschen gemäß VDI 3745 Blatt 1. Für eine Prognose von Schießgeräuschen kann daher nur auf die generellen Vorgaben der TA-Lärm zurückgegriffen werden.

Neben dem Problem der Emissionskennzeichnung von Schießgeräuschen durch Schallleistungspegel nach Nummer A.2.2 fordert die TA-Lärm in Nummer A.1.2 die Berücksichtigung der verschiedenen Witterungseinflüsse gemäß DIN ISO 9613-2, die ihrerseits aber explizit die Anwendung „auf Druckwellen, die durch Sprengungen, militärische oder ähnliche Aktivitäten verursacht werden“ ausschließt.

Um eine möglichst große Nähe zur Anwendung der DIN ISO 9613-2 herzustellen, ist es aus physikalischen Gründen zweckdienlich, zwischen der Schallausbreitung innerhalb und außerhalb des Schießstandes zu unterscheiden. Die Gründe für die Nicht-Anwendbarkeit der DIN ISO 9613-2 bei der Schallausbreitung innerhalb des Schießstandes werden in Kap. 4.2 näher ausgeführt.

Die Geräuschcharakteristiken von Schießgeräuschen stellen gleichzeitig besondere Umstände dar, die eine ergänzende Prüfung im Sonderfall nach Nummer 3.2.2 der TA Lärm erforderlich machen.

4.2 Anwendbarkeit der ISO 17201 innerhalb eines Schießstandes

In [7] wird die Anwendung der Norm DIN ISO 9613-2 auf „Druckwellen“ einer systematischen Methodenkritik unterzogen. Der Autor macht deutlich, dass weder die Zielgröße, noch die Korrekturen für die geometrische Dämpfung, für den Bodeneffekt, für die Schirmung und auch nicht für die Reflexionen hinreichend zuverlässig in dem Verfahren der Norm abge-

1 bildet werden, um für Schießgeräusche im gesamten Einwirkungsbereich tragfähige Voraus-
2 berechnungen zu liefern.

3 Bei dem Versuch, die Unsicherheit der Prognoserechnungen von Schießgeräuschen nach der
4 DIN ISO 9613-2 abzuschätzen, kommt der Beitrag zu einem Unsicherheitsbereich, der min-
5 destens 17 dB umfasst und schließt daraus, dass von vorneherein signifikante Aussagen über
6 die Lärmbelastung durch Schießbetrieb auf Standortschießanlagen nach diesem Verfahren
7 nicht mit der gebotenen Zuverlässigkeit möglich sind. Die Forderung der TA-Lärm nach der
8 Angabe „Qualität der Prognose (s. A.2.6) ist zwar damit formal aber wohl kaum inhaltlich
9 erfüllt. Die Methodenkritik führt letztlich zur Bestätigung der Aussage im Anwendungsbe-
10 reich der Norm selbst, dass sie für Schießgeräusche nicht anwendbar ist.

11 Die Diskussion einer exemplarischen Messung zeigt die Komplexität der Ausbreitung von
12 Schießgeräuschen in einem realen Schießstand. Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass
13 es ohne ein dreidimensionales Strahlverfolgungsmodell nicht möglich sein wird, eine Basis
14 für eine sachgerechte Prognoserechnung zu finden. Weiterhin wird festgestellt, dass die An-
15 wendung der DIN ISO 9613-2 auf Schießgeräusche nicht mehr dem internationalen Stand der
16 Technik entspricht. Der Autor kommt zu dem Schluss, dass die Regelungen der Normenreihe
17 DIN EN ISO 17201, die heute den Stand der Technik bei der Vorausberechnung und dem
18 Lärmmanagement des Schießlärms von Schießanlagen darstellt, auch in Genehmigungsver-
19 fahren eingesetzt und anerkannt werden sollte.

5 Vorausberechnung von Schießlärm

5.1 Einleitung

5.1.1 Ausgangslage

In der TA Lärm wird für die Beurteilung von Schießgeräuschen auf die Ermittlung der Beurteilungspegel nach der Richtlinie VDI 3745 Blatt 1 verwiesen. Die VDI 3745 Blatt 1 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung der Beurteilungspegel, das auf Messung der mittleren A- und Fast-bewerteten Maximalpegel maßgeblicher Emissionssituationen unter schallausbreitungsgünstigen Bedingungen beruht. Auf der Basis dieser Maximalpegel von Einzelereignissen werden Beurteilungspegel unter Berücksichtigung der relevanten Tagesereigniszahlen in den Kennzeichnungszeiten Tags und Nachts ermittelt. Dabei werden Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit - und ein Impulszuschlag eingeführt.

Anmerkung:

Vom Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) wurde zur Abschätzung der akustischen Auswirkung von baulichen Veränderungen an StOSchAnl die Prognosesoftware PROPPER® entwickelt. Mit dem PROPPER® Modul RANGER wird mit Hilfe eines dreidimensionalen Strahlenverfolgungsalgorithmus die Schallausbreitung in dem geometrisch und akustisch komplexen Schießstand abgebildet. Bei der Modellierung der physikalischen Phänomene werden die Besonderheiten der Schießgeräusche, ihre ausgeprägte Richtcharakteristik und ihre Impulshaltigkeit, berücksichtigt.

Mit dem PROPPER® Modul PROPAGATER steht der Bundeswehr ein Programm zur Verfügung, das die Schallausbreitung außerhalb des Schießstandes bei gegebener Atmosphäre (3D-Windvektorfeld, 3D-Skalarfelder für die Temperatur und Luftfeuchtigkeit) prognostiziert. Es unterliegt dabei nicht den Abstands- und Signalbeschränkungen der DIN ISO 9613-2.

PROPPER® steht als Werkzeug für die Berechnung der Schallausbreitung für Schießgeräusche von Handwaffen den Verwaltungen der Bundeswehr für die Bauplanung zur Verfügung und ist als Referenzmodell bei der Öffentlich Rechtlichen Aufsicht der Bundeswehr eingeführt.

5.1.2 Zweck und Ziel

In der Planungsphase für den Neubau von StOSchAnl oder für wesentliche bauliche Änderungen an StOSchAnl ist eine Messung nicht möglich. Es wird deshalb ein Verfahren benötigt, welches die grundlegende Ausgangsgröße für die Beurteilung von Schießlärm von Schießständen, also den Maximalpegel des Einzelgeräusches für die maßgeblichen Emissionssituationen, durch Prognose bestimmt.

Die vorliegende Regelung beschreibt ein solches Verfahren:

Die Normenreihe DIN EN ISO 17201 stellt für die Ermittlung der akustischen Quelleigenschaften von Schießgeräuschen von Handwaffen durch Messung (DIN EN ISO 17201-1) bzw. Schätzung (DIN EN ISO 17201-2) und für die Schallausbreitungsrechnung (DIN EN ISO 17201-3) den heute erreichten Stand der Technik dar. Das hier vorgestellte Verfahren wendet

die Regelungen in dieser Normenreihe als alternatives Verfahren auf StOSchAnl der Bundeswehr an: Ausgehend von einem so genannten Schießstandmodell, das die für solche Modelle in der DIN EN ISO 17201-3 geforderten Bedingungen erfüllt, werden nach einer Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 die Maximalpegel der VDI 3745 Blatt 1 ermittelt.

5.1.3 Technische Hinweise

Die Beschreibung des Verfahrens folgt in Struktur und Diktion den Regeln zur Abfassung einer Norm. Weder diese Einleitung noch die im Text enthaltenen Anmerkungen sind regelsetzend; sie dienen der Erläuterung. Die im Kapitel 5.3 „Verweise auf Normen, Richtlinien und Vorschriften“ aufgeführten Regelwerke sind bindend, soweit nicht ausdrücklich Abweichungen festgelegt werden. Kapitel 5.4 enthält Definitionen, die für das hier beschriebene Verfahren gelten. Die in Kapitel 8.2 angegebene Literatur sind Erkenntnisquellen. Von der sonst in Normen vorgeschriebenen absoluten Nummerierung der Kapitel wird hier abgewichen. Die Reihenfolge der Kapitel wird aber beibehalten.

Anmerkung

Das Verfahren setzt auf ein Schießstandquellmodell auf, dessen Beschreibung außerhalb der Festlegungen dieses Verfahrens erfolgt. Dabei ist sicherzustellen, dass die hier geforderten Kenngrößen der Ersatzquelle bzw. der Teilersatzquellen von dem Schießstandmodell hinreichend zuverlässig bereitgestellt werden.

5.2 Anwendungsbereich

Es wird ein Verfahren zur Vorausberechnung des Beurteilungspegels des Mündungsknalles eines Einzelschusses aus einer Handwaffe an einer Schießposition auf einem Schießstand in der Nachbarschaft einer Schießanlage beschrieben. Die Quellbeschreibung basiert grundsätzlich auf den Festlegungen in der Normenreihe DIN EN ISO 17201 mit ihren Teilen 1 bzw. 2. Die Schallausbreitungsrechnung folgt der DIN EN ISO 17201-3, die die Anwendung der DIN ISO 9613-2 zulässt (DIN EN ISO 17201-3, Nr. 5.2 ff.).

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist nach DIN EN ISO 17201-3 ein Schießstandquellmodell, ein akustisches Quellmodell, das eine Ersatzquelle berechnet, die die Schallausbreitung von der eigentlichen Schallquelle - hier der Mündungsknall einer Handwaffe - in der komplexen Schießanlage- bzw. Schießstandgeometrie hinreichend zuverlässig abbildet.

Es werden die notwendigen Kenngrößen dieser Ersatzquelle und die Modellbildung für die Quellkenngrößen der DIN ISO 9613-2 aus den Quellkenngrößen nach DIN EN ISO 17201-1 beschrieben.

Es wird ein Verfahren angegeben, wie aus den vorausberechneten Langzeit-Mittelungspegeln für schallausbreitungsgünstige Wettersituationen am Empfänger nach DIN ISO 9613-2 Beurteilungspegel nach VDI 3745 Blatt 1 für ein Einzelereignis ermittelt werden.

Es wird ein Schießstandquellmodell beschrieben, das ein Schießstandquellmodell nach den Regeln der DIN EN ISO 17201-3 berechnet.

Das Verfahren ist anwendbar auf Schießstände, die aus einem oder mehreren Schießständen bestehen und aus Gründen der Schießsicherheit komplexe bauliche Geometrien mit Seitenwällen, Höhenblenden und Geschossfängen aufweisen.

5.3 Verweise auf Normen, Richtlinien und Vorschriften

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokumentes (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN ISO 17201-1, *Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 1: Bestimmungen des Mündungsknalls durch Messung (ISO 17201-1:2001: Deutsche Fassung EN ISO 17201-1:2005*

DIN EN ISO 17201-2, *Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 2: Bestimmungen des Mündungsknalls und des Geschossknalls durch Berechnung (ISO 17201-2:2001: Deutsche Fassung EN ISO 17201-2:2005*

DIN EN ISO 17201-3, *Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 3: Anleitung für die Berechnung der Schallausbreitung“ (Deutsche Fassung ISO/FDIS 17201:2009)*

DIN ISO 9613-2:1999-10, *Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien*

DIN CEN/TS 1793-5:2003 *„Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 5: Produktspezifische Merkmale; In-situ-Werte der Schallreflexion und der Luftschalldämmung“*

VDI 3745 Blatt 1:1993-05, *Beurteilung von Schießgeräuschimmissionen*

Soweit Begriffe und Formelzeichen im Zusammenhang mit dem hier formulierten Verfahren eingeführt werden, sind sie in Kapitel 5.4 festgelegt bzw. in Kapitel 8.1 zusammengefasst.

Anmerkung

Die deutsche Übersetzung der englischen Fassung der Normenreihe DIN EN ISO 17201 ist nicht immer eindeutig. Es ist bei Unklarheiten zu empfehlen, die englische Fassung zugrunde zu legen.

5.4 Definitionen und Festlegungen

5.4.1 Beugungsersatzquelle

Sekundärquelle, die kanten- oder grundkörperbezogen Beugungsanteile verwaltet.

5.4.2 Emissionssituation

Betriebssituation für einen Einzelschuss auf einem Schießstand

Anmerkung

Eine Emissionssituation ist durch die Lage der Rohrmündung im Schießstandbezugssystem (einschließlich der Anschlagshöhe) und durch die Schusskonfiguration vollständig definiert.

5.4.3 Energie-Volumendämpfungsmaß D_{vol}

Energetischer Verlust pro Meter beim Durchgang durch einen Grundkörper; das Energie-Volumendämpfungsmaß wird in Dezibel angegeben.

5.4.4 Energie-Reflexionsdämpfungsmaß D_{refl}

Energetischer Verlust bei der Reflexion an einer Fläche des Grundkörpers; das Energie-Reflexionsdämpfungsmaß wird in Dezibel angegeben.

5.4.5 Energie-Streuungsmaß D_{scat}

Energetisches Transfermaß in nicht-spiegelnde Reflexionen an einer Fläche des Grundkörpers; das Energie-Streuungsmaß wird in Dezibel angegeben.

Anmerkung

Das Energie-Streuungsmaß gibt den Anteil an, der von der einfallende Energie in eine ungerichtete Abstrahlung übergeht. Ein Energie-Streuungsmaß beispielsweise von -27 dB bedeutet, dass zwei Tausendstel der einfallenden Energie gestreut wird.

5.4.6 Ereignisdauer T_E

Festgelegte Zeitspanne, die lang genug ist, um alle wesentlichen Schallanteile eines festgelegten Ereignisses zu umfassen; die Ereignisdauer wird in Sekunden angegeben.

5.4.7 Ersatzquelle

Eine gerichtete oder mehrere, dann raumwinkelbegrenzte Punktschallquellen, mit Angabe der Quellstärke, die den Mündungsknall innerhalb eines komplexen Schießstandes für eine Ausbreitungsrechnung ohne Berücksichtigung der Schießstandaufbauten repräsentieren.

5.4.8 Expositionspegel L_E

Zeitintegral des Schalldruckquadrats über die Ereignisdauer in Pegelnotation

$$L_E = 10 \lg \left(\frac{1}{E_0} \int_{T_E} p^2 dt \right) \text{ dB} \quad \text{mit } E_0 = 400 \cdot 10^{-12} \text{ Pa}^2 \text{ s}$$

5.4.9 Exzentrizität ε_{dir}

Dezibeldifferenz zwischen der Abstrahlung in Schussrichtung zur Abstrahlung entgegen der Schussrichtung beim Mündungsknall; ε_{dir} wird in Dezibel angegeben.

5.4.10 Frequenzband f

Nummer des Frequenzbandes

Anmerkung

Terz- oder Oktavbänder werden per Konvention durch Nummern gekennzeichnet. Die Nummer wird Kenngrößen als Index hinzugefügt, um sie für ein Frequenzband anzugeben.

5.4.11 Grundkörper

Konvexer Polyeder, der durch 6 ebene Vierecke begrenzt wird; der Grundkörper wird durch die Koordinaten seiner 8 Eckpunkte festgelegt.

Anmerkung

Konvex heißt anschaulich, dass die „Ecken nach außen zeigen“.

5.4.12 Horizontaler Öffnungswinkel ε_{Δ}

Horizontale Abmessung des Raumwinkels, in den die Teilersatzquelle S abstrahlt; ε_{Δ} wird in Grad angegeben.

5.4.13 Horizontalwinkel ε

Azimutalwinkel in der Schießstandbezugsebene; ε wird in Grad relativ zur x-Achse des Schießstandbezugssystems angegeben, $0^\circ \leq \varepsilon \leq 360^\circ$.

5.4.14 Horizontalwinkel ε_S

Azimutalwinkel der Abstrahlungsrichtung der Teilersatzquelle S ; ε_S wird in Grad relativ zur x-Achse des Schießstandbezugssystems angegeben, $0^\circ \leq \varepsilon_S \leq 360^\circ$.

5.4.15 Lambdazylinder

Zylinder entlang einer Kante eines Grundkörpers, dessen Symmetrieachse mit dieser Kante zusammenfällt.

5.4.16 Maßgeblicher Emissionsort P_M

Maßgeblicher (repräsentativer) Ort der Mündung der Rohrwappe für eine Zone auf dem Schießstand; P_M wird im Schießstandbezugssystem angegeben, $P_M = (x_M, y_M, z_M)$.

Anmerkung

Die Schießübungen auf StOSchAnl finden in (Zielentfernungs-)Zonen statt, s. Betriebsbeschreibung. Der maßgebliche Emissionsort ist ein repräsentativer Ersatzort für alle Positionen innerhalb dieser Zone für eine Höhenzone.

5.4.17 Maßgebliche Zeitverzögerung einer Teilersatzquelle t_s

Zeitdifferenz zwischen der Schallabstrahlung der Teilersatzquelle und dem Ereignis des Schusses; t_s wird in Sekunden angegeben.

5.4.18 Originalquelle

Kugelquelle des Mündungsknalls im maßgeblichen Emissionsort, s. DIN EN ISO 17201-3.

5.4.19 Quellenergiepegel L_q

Quellstärke einer Ersatzquelle oder Teilersatzquelle der Quellenergie q des Mündungsknalls in Pegelnotation

$$L_q = 10 \lg \left(\frac{q}{q_0} \right) \text{ dB} \quad \text{mit } q_0 = 10^{-12} \text{ J}$$

5.4.20 Quellort der Teilersatzquelle P_S

Ort der Quelle einer Teilersatzquelle S ; der Quellort wird wie die Koordinaten im Schießstandbezugssystem angegeben, $P_S = (x_S, y_S, z_S)$.

5.4.21 Referenzquelle

Schallquelle, die ein Referenzsignal erzeugt

Anmerkung

Referenzquelle wird zur Überprüfung bzw. Prognose von günstigen Schallausbreitungsbedingungen verwendet, vgl. VDI 3745 Blatt 1.

5.4.22 Schießanlage

Schießplatz nach der 4. BImSchV für Handfeuerwaffen mit einem oder mehreren Schießständen und Nebeneinrichtungen

Anmerkung

Die Definition hier weicht von der Definition in DIN EN ISO 17201-3, Abschnitt 3.6 ab. Die Definition hier entspricht dem Sprachgebrauch des militärischen Schießstandbau: Eine Standortschießanlage StOSchAnl ist ein Schießplatz im Sinne der 4. BImSchV.

5.4.23 Schießbahn

Bezeichnung für die Verbindung paralleler Schützenpositionen und Zielen auf einem Schießstand

Anmerkung

Auf einem A-Stand können in der Regel 6 Schützen nebeneinander parallel auf entsprechende Ziele typischerweise schießen. Auf einem D-Stand typisch nur 2.

5.4.24 Schießplatzbezugspunkt SBP

Ursprung des Schießplatzbezugssystems, auf das Schießstandbezugspunkte relativ metrisch bezogen werden können.

Anmerkung

Ein Schießplatzbezugspunkt ist identisch mit dem Schießstandbezugspunkt, falls der Schießplatz nur einen Schießstand hat.

5.4.25 Schießstand

Einrichtung für das Schießen mit Handwaffen aus verschiedenen Entfernungen auf einen Geschossfang, ggf. mit Hochblenden und Sicherheitswällen/wänden

Anmerkung

Die Definition hier weicht von der Definition in der DIN EN ISO 17201-3 Abschnitt 3.4 ab. Sie entspricht eher der Definition des Schießplatzes in DIN EN ISO 17201-3 Abschnitt 3.5. Die Definition hier entspricht dem Sprachgebrauch des militärischen Schießstandbaus.

5.4.26 Schießstandbezugssystem (x,y,z)

Orthogonales, metrisches, rechtshändisches Koordinatensystem (x,y,z) zur Kennzeichnung der Lage von Orten in einem Schießstand am Schießstandbezugspunkt mit x als Schießentfernung, y als Abstand zur Schießstandmittelebene und z als Höhe.

5.4.27 Schießstandbezugsebene SME

Ebene $z = 0$ m im Schießstandbezugssystem

5.4.28 Schießstandbezugspunkt SBP

Ursprung des Schießstandbezugssystems auf Höhe der Ziele in der Zieleinrichtungsebene in der Mitte des Schießstandes.

5.4.29 Schießstandkörper

Virtueller quaderförmiger Grundkörper, der den Schießstand und seine Aufbauten gerade vollständig umfasst.

Anmerkung

Werden benachbarte Schießstände bei der Bildung der Ersatzquelle gemeinsam betrachtet, umfasst der Schießstandkörper die Schießstände gemeinsam.

5.4.30 Schießstandmittelebene

Ebene $y = 0$ m im Schießstandbezugssystem

5.4.31 Schießstandquellmodell

Besonderes Schallausbreitungsmodell, das die Schallausbreitung in einem Schießstand berücksichtigen kann.

5.4.32 Schießstandsohle

Ebene u. U. geneigte Fläche, auf der die Schützen in einem vorgegebenen Anschlag mit der Handfeuerwaffe Schüsse auf Ziele in der Zieleinrichtungsebene abgeben.

5.4.33 Schusskonfiguration

Kombination aus Angaben der Waffe und Munition zur Kennzeichnung der Schallquelle
Mündungsknall.

5.4.34 Sekundärquelle

Virtuelle Quelle mit den Eigenschaften einer Teiloriginalquelle

Anmerkung

Sekundärquellen werden durch Reflexionen (als Spiegelquellen), Beugungen (als Beugungsersatzquellen) oder Streuungen (als Streuungsersatzquellen) erzeugt.

5.4.35 Spiegelquelle

Sekundärquelle, die eine Teiloriginalquelle oder einer Sekundärquelle bei der Reflexion an der Fläche eines Grundkörpers ersetzt.

Anmerkung

Der Quellort der Teiloriginalquelle wird an der Fläche des Grundkörpers gespiegelt.

5.4.36 Streuungsersatzquelle

Sekundärquelle, die die Beiträge aus Streuungen bei der Schallausbreitung im Schießstandkörper repräsentiert.

5.4.37 Teilersatzquelle

Raumwinkelbegrenzte und bandbegrenzte Punktschallquelle als Bestandteil einer Ersatzquelle.

5.4.38 Teiloriginalquelle

Raumwinkelbegrenzte und bandbegrenzte Punktschallquelle als Bestandteil einer Originalquelle.

5.4.39 Vertikaler Öffnungswinkel einer Teilersatzquelle $\eta_{s\Delta}$

Vertikale Abmessung des Raumwinkels, in den die Teilersatzquelle S abstrahlt; $\eta_{s\Delta}$ wird in Grad angegeben.

5.4.40 Vertikalwinkel η

Erhöhungswinkel aus der Schießstandbezugsebene; η wird in Grad relativ zur z-Achse des Schießstandbezugssystems angegeben, $-90^\circ \leq \eta \leq 90^\circ$.

5.4.41 Vertikalwinkel einer Teilersatzquelle η_s

Abstrahlrichtung der Teilersatzquelle als Erhöhungswinkel aus der Schießstandbezugsebene; η_s wird in Grad relativ zur z-Achse des Schießstandbezugssystems angegeben, $-90 \leq \eta_s \leq 90^\circ$.

5.4.42 Winkelabhängige Energieverteilung $L_q(\phi)$

Akustische Energie, die in Richtung ϕ einer rotationssymmetrischen Kugelschallquelle abstrahlt; die Energieverteilung wird als Energiepegel in Dezibel bezogen auf 1 pJ angegeben.

5.4.43 Zieleinrichtungsebene ZEE

Ebene $x = 0$ m

5.5 Ersatzquelle

5.5.1 Bedeutung in der DIN EN ISO 17201-3

Nach DIN EN ISO 17201-3 ist der Mündungsknall eines Schusses auf einem durch Aufbauten geometrisch komplexen Schießstand durch ein dort nicht näher spezifiziertes geeignetes Ausbreitungsmodell in eine Ersatzquelle für diesen Mündungsknall abzubilden, vgl. DIN EN ISO 17201-3, Abschnitt 5.4. Diese Ersatzquelle erlaubt eine sachgerechte Vorausberechnung des Mündungsknalls u.a. durch die Verfahren der DIN ISO 9613-2 für den Schallexpositionspegel L_E , wenn sachgerechte Anpassungen berücksichtigt werden, vgl. DIN EN ISO 17201-3, Abschnitte 5.2. und 5.3.

Zitat DIN EN ISO 17201-3, Abschnitt 5.2, 2. Absatz

„ISO 9613-2 darf jedoch für die Modellierung der Schallausbreitung von Schießgeräuschen verwendet werden, wenn Anpassungen eingeführt und berücksichtigt werden.“

5.5.2 Modellierung der Ersatzquelle

Das hier beschriebene Verfahren setzt voraus, dass ein solches Ausbreitungsmodell zur Modellierung einer Ersatzquelle die zugehörige Testaufgabe der DIN EN ISO 17201 hinreichend zuverlässig löst und auch sonst die (Mehrfach)Reflexionen an allen Objekten (Wände, Wälle, Hochblenden, Geschossfang, bestehend aus Geschossfangblende, Sandschüttung und Dach, alle Objekte teilweise mit Absorbern belegt), die Beugungen an den Kanten der Objekte und Durchgangsdämpfungen sachgerecht berücksichtigt, vgl. DIN EN ISO 17201-3, Abschnitt 5.4.

5.5.3 Ersatzquelle für eine Emissionssituation

Für jede Schusskonfiguration, jede Schießposition, jede Anschlagshöhe ist eine spezifische Ersatzquelle anzugeben. Für die Schusskonfiguration ist eine Quellstärke und eine Richtcharakteristik nach Maßgabe der Kenngrößen der DIN EN ISO 17201-1 bandbegrenzt anzugeben. Vorzugsweise sollen die Kenngrößen in den Oktavbändern vorliegen, die nach DIN ISO 9613-2 für eine Ausbreitungsrechnung des frequenzabhängigen Verfahrens vorliegen müssen.

Anmerkung

In Kapitel 6 wird ein Beispiel für eine Ersatzquelle für die Waffenklasse „Gewehr“, für die Schießposition 100 m, für die mittlere Schießbahn, für den stehenden Anschlag angegeben. Ändert sich eine der Eigenschaften, ergibt sich eine neue Ersatzquelle.

Quellstärke und Richtcharakteristik können nach der DIN EN ISO 17201-1 gemessen oder nach DIN EN ISO 17201-2 geschätzt werden. Alternativ kann die Vorschrift der Lärmmanagementsrichtlinie der Bundeswehr zur Bestimmung der Quellkenngroße angewendet wer-

den, die grundsätzlich auf den Verfahren der DIN EN ISO 17201 fußt, aber insbesondere für militärische Handwaffen ergänzende Hinweise enthält.

5.5.4 Eigenschaften der Ersatzquelle

5.5.4.1 Anforderungen an eine Ersatzquelle

Eine Ersatzquelle besteht

- a) entweder aus einer einzigen Punktschallquelle, die nach Vorgaben in der Mitte des Schießstandes oberhalb aller Aufbauten des Schießstandes platziert ist. In diesem Fall wird die Ersatzquelle durch ihren Quellenergiepegel L_q (Quellenergie) bzw. ihre Richtcharakteristik durch die winkelabhängige Schallenergieverteilung gekennzeichnet.

Anmerkung

Die Repräsentation der Emissionssituation durch eine einzige Ersatzquelle soll nur bei Schießständen angewendet werden, wenn durch Vorwissen – z. B. Kenntnis über die Lage des(der) maßgebliche(n) Immissionsort(e), sichere Analyse der maßgeblichen Schallausbreitungspfade – davon auszugehen ist, dass die Ergebnisse zweckorientiert hinreichend zuverlässig sind. Eine spezifische Unsicherheitsbetrachtung kann notwendig werden.

- b) oder aus einer Liste von Teilersatzquellen, deren geometrische Lage und deren akustische Eigenschaften nach Abschnitt 5.5.5 anzugeben sind.

Der Ersatz der Schallausbreitung in den hier beschriebenen Schießständen erfolgt wegen ihrer Komplexität grundsätzlich nach b). Der Fall a) wird deshalb hier nicht weiter betrachtet.

5.5.4.2 Kenngrößen einer Ersatzquelle

Eine Ersatzquelle gilt für einen Mündungsknall einer Emissionssituation beim Schießen mit einer Handwaffe auf einem Schießstand.

Die Art der Handwaffe wird durch die Angabe einer Schusskonfiguration festgelegt. Dazu gehört mindestens die eindeutige Bezeichnung der Waffe (Waffenart bzw. -typ), Kaliber und der Munitionsart, vgl. VDI 3745 Blatt 1 Abschnitt 4.1. Neben diesen Bezeichnungen ist für die Bundeswehr-interne Dokumentation der Schusskonfigurationscode anzugeben.

Anmerkung

Im Bereich der Bundeswehr wird in der LMR eine eindeutige Kennzeichnung der Schusskonfiguration durch einen spezifischen Code vorgeschrieben. Die Schusskonfigurationen sind in der so genannten wafBase der Datenbank MisData abgelegt und im Bereich der Bundeswehr verfügbar.

Die waffentechnischen Eigenschaften der Handwaffe sollen ebenfalls als Eigenschaften der Ersatzquelle angegeben werden. Dazu gehören das Rohrkaliber, die Treibladungsmasse, die Geschossmasse und die Mündungsgeschwindigkeit.

- 1 Der maßgebliche Emissionsort ist durch seine Lage im Schießstandbezugssystem anzugeben.
2 Bei konkreten Immissionsprognosen für einen Schießplatz sind die Namen des Schießplatzes
3 und des Schießstands anzugeben.
4 Das Schießstandbezugssystem ist durch Angabe der Lage des Schießstandbezugspunktes im
5 ETRS89 (hilfsweise WGS84) UTM Gitter oder durch geografische Koordinaten (Längen- und
6 Breitengrade) mit sachgerechter Unsicherheit (besser als 10 m) zu referenzieren.
7 Bei der Betrachtung eines Schießplatzes mit mehreren Schießständen ist ein Schießplatzbe-
8 zugspunkt festzulegen und die Schießstandbezugspunkte relativ metrisch zu diesem Schieß-
9 platzbezugspunkt anzugeben. Dann gelten die Aussagen zur Georeferenzierung für den
10 Schießplatzbezugspunkt.

11 *Anmerkung*

12 *Im Bereich der Bundeswehr wird in der LMR eine eindeutige Kennzeichnung der Emissionssituation*
13 *durch Angabe eines so genannten Übungsplatzortes vorgeschrieben. Der Übungsplatzort ist durch ei-*
14 *nen eindeutigen Schlüssel indiziert. Durch Angabe dieses Schlüssels sind alle Informationen über den*
15 *Schießplatz den Schießstand, die Schützenposition, Anschlagshöhe und die Georeferenzierung festge-*
16 *legt. Alle Übungsplatzorte sind in der so genannten locBase der Datenbank MisData abgelegt und im*
17 *Bereich der Bundeswehr verfügbar.*

- 18 Zu einer Ersatzquelle gehört eine Liste von Teilersatzquellen nach Abschnitt 5.5.5. Die Tei-
19 lersatzquelle m in der Liste von $n = 1$ bis N Teilersatzquellen wird durch das Symbol H_n ge-
20 kennzeichnet.

21 *Anmerkung*

22 *Die Teilersatzquellen als Elemente der Liste werden in den Gleichungen mit dem Index n gekennzeich-*
23 *net. Wird von einer Teilersatzquelle im Allgemeinen gesprochen, wird der Index S genutzt.*

24 **5.5.5 Teilersatzquelle**

25 **5.5.5.1 Anforderungen an eine Teilersatzquelle**

- 26 Teilersatzquellen werden von einem Schießstandquellmodell geliefert, das nach DIN EN ISO
27 17201-3 die Schallausbreitung in einem Schießstand berechnen kann und eine Liste von Tei-
28 lersatzquellen nach 5.5.4 b) liefert. Das Modell bzw. die im Modell verwendeten Verfahren
29 zur Ermittlung der Schallausbreitung im Schießstand mit Reflexionen, Beugungen, Dämpfun-
30 gen an allen maßgeblichen Aufbauten muss dokumentiert sein und die Qualitätsanforderung
31 für solche Modelle nach DIN EN ISO 17201-3 erfüllen.

- 32 Das Modell muss die in Abschnitt 5.5.5.2 festgelegten Kenngrößen der Teilersatzquellen lie-
33 fern.

5.5.5.2 Kenngrößen einer Teilersatzquelle

Eine Teilersatzquelle ist eine raumwinkelbegrenzte und bandbegrenzte Punktschallquelle und wird durch geometrische und akustische Kenngrößen nach Tabelle 7 festgelegt.

	1	2	3	4
	Kenngröße	Symbol	Einheit	Kommentar
1	Frequenzband	f	[1]	Nr. des Bandes, auch als Index
2	Quellenergiepegel	L_q	dB	nach DIN EN ISO 17201-1
3	Horizontalwinkel	ε_s	°	Winkel gegen die Ebene $z = 0$
4	Vertikalwinkel	η_s	°	Winkel gegen die Ebene $y = 0$
5	Horizontaler Öffnungswinkel	$\varepsilon_{s\Delta}$	°	Festlegung des Raumwinkels
6	Vertikaler Öffnungswinkel	$\eta_{s\Delta}$	°	
7	Zeitverzögerung	t_s	s	rel. zum Zeitpunkt des Schusses
8	Maximale Zeitverzögerung	$t_{s,max}$	s	rel. zum Zeitpunkt des Schusses
9	Minimale Zeitverzögerung	$t_{s,min}$	s	rel. zum Zeitpunkt des Schusses
10	Ablage des Quellortes in x-Richtung	x_s	m	Ort der Teilersatzquelle P_s im Schießstandbezugssystem
11	Ablage des Quellortes in y-Richtung	y_s	m	
12	Ablage des Quellortes in z-Richtung	z_s	m	
13	Divergenz	ζ	1	Divergenz der Schallausbreitung

Tabelle 7 Kenngrößen der Teilersatzquelle

Ein Frequenzband f wird auch durch seine Mittenfrequenz ν_f in Hz bezeichnet, die sich im Falle von Terzen nach Gl. 1 und im Falle von Oktaven nach Gl. 2 ergibt.

$$\nu_f = 10^{\frac{f}{10}} \nu_0 \quad \text{Gl. 1}$$

mit $\nu_0 = 1 \text{ Hz}$

$$\nu_f = 10^{\frac{3f}{10}} \nu_0 \quad \text{Gl. 2}$$

Der Quellenergiepegel der Teilersatzquelle ist grundsätzlich unbewertet anzugeben. Aus dem Quellenergiepegel des Bandes ergibt sich ihr Quellexpositionspegel $L_{E,1m}$ auf der Einheitskugel aus Gl. 3:

$$L_{E,1m} = L_Q - 11 \text{ dB} + A_z \quad \text{Gl. 3}$$

Die Korrektur A_z in Gl. 3 berücksichtigt die Umsetzung von Schallenergie in Schalldruck bei Luftkennimpedanzen, die von Standardbedingungen abweichen, vgl. Gleichung 8 der DIN EN ISO 17201-1.

Anmerkung

Die Korrektur A_z spielt eine Rolle, wenn Schießplätze signifikant höher liegen als die Meeresoberfläche, z. B. in Mittelgebirgslagen.

- 1 Der Quellexpositionspegel ist im Raumwinkel, in die die Teilersatzquelle abstrahlt, konstant.
2 Der Raumwinkel der Teilersatzquelle ist festgelegt durch die Beziehungen in Gl. 4 für den
3 Horizontal- bzw. Vertikalwinkel, ε bzw. η :

$$\varepsilon_s - \frac{\varepsilon_{s\Delta}}{2} \geq \varepsilon \geq \varepsilon_s + \frac{\varepsilon_{s\Delta}}{2} \quad \text{und} \quad \eta_s - \frac{\eta_{s\Delta}}{2} \geq \eta \geq \eta_s + \frac{\eta_{s\Delta}}{2} \quad \text{Gl. 4}$$

- 4 Die Teilersatzquellen können beliebige Quellorte aufweisen. Die Quellorte ergeben sich aus
5 der Strahlverfolgung innerhalb des Schießstandes an im Raum beliebig orientierten reflektie-
6 renden Oberflächen oder aus entsprechenden Beugungen.

7 *Anmerkung*

8 *Bei einfachen Strahlverläufen entsprechen sie den Spiegelpunkten der maßgeblichen Emissionsorte an*
9 *solchen Oberflächen.*

- 10 Der Quellort der Teilersatzquelle wird im Schießstandbezugssystem angegeben.

- 11 Für Teilersatzquellen, die aus einem direkten Schallweg zum Schießstandkörper oder durch
12 Reflexionen entstehen, ergibt sich eine spezifische Zeitverzögerung t_s . Die Zeitverzögerung
13 wird relativ zum Zeitpunkt des Ereignisses Schuss angegeben.

14 *Anmerkung*

15 *Die Zeitverzögerung $t_s = 0$ s hätte eine Teilersatzquelle, die ihren Quellort im maßgeblichen Emission-*
16 *sort hat und sonst keine weiteren durch innere Laufzeiten verursachte Zeitverzögerung aufweist.*

- 17 Für Teilersatzquellen, die aus Beugungen oder Streuungen entstehen, ergibt sich eine Zeit-
18 spanne für die Zeitverzögerung. In diesen Fällen kennzeichnet $t_{s,min}$ den Anfang und $t_{s,max}$ das
19 Ende dieser Zeitspanne.

- 20 Es ergibt sich für jedes Frequenzband eine bandspezifische Liste von Teilersatzquellen, weil
21 durch die entsprechend wellenlängenabhängige Beugung jeweils unterschiedliche Teiler-
22 satzquellen erzeugt werden. Auch die frequenzabhängige Luftabsorption bei der Schallaus-
23 breitung im Schießstand ändert den Quellenergiepegel.

- 24 Die Divergenz ζ ist für Mündungsknalle stets 2.

25 *Anmerkung*

26 *Die Divergenz ζ ist der Exponent des Abstandes r bei der geometrischen Ausbreitungsrechnung $r^{-\zeta}$.*
27 *Die geometrische Dämpfung einer Punktschallquelle (Kugelwellen) ist r^{-2} , die einer Linienschallquel-*
28 *le (Zylinderwellen) r^{-1} . Hier ist r der Abstand vom Quellort, Punkt bzw. Linie.*

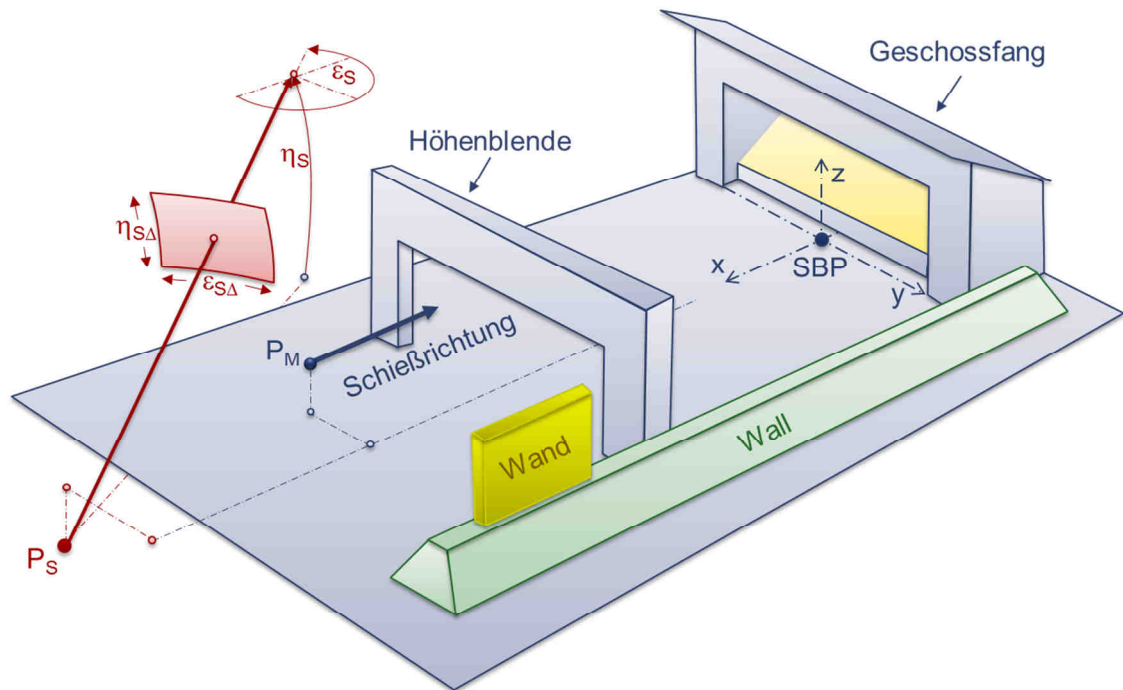


Abbildung 15 Skizze eines Schießstandes mit grundlegenden Elementen und Kennzeichnung der geometrischen Eigenschaften einer Teilersatzquelle

5.6 Schießstandquellmodell

5.6.1 Originalquelle

5.6.1.1 Hintergrund

Die DIN EN ISO 17201-1 legt ein grundlegendes Messwertesystem und Messverfahren für die Beschreibung der akustischen Quelleigenschaften von Mündungsknallen von Rohrwapfen fest. Zentrale Messgrößen sind die winkelabhängige Energieverteilung bzw. deren Pegel und die Koeffizienten einer Cosinus-Entwicklung zur Kennzeichnung der Richtcharakteristik. In DIN EN ISO 17201-2 ist ein Verfahren zur Abschätzung dieser Parameter angegeben. In [8] wird gezeigt, dass durch die Einführung einer Cosinus-Entwicklung für den Weber-Radius eine hinreichend zuverlässige Beschreibung der Richtwirkung von Mündungsknallen erreicht werden kann.

Anmerkung

Auf der Grundlage dieser Beschreibung wurde von der WTD91 [9] ein Modell entwickelt, das es ermöglicht, allein auf der Basis bekannter innenballistischer Daten und Munitionsangaben sowohl die akustische Quellenergie als auch die Richtwirkung durch einen Ansatz nach [8] zu beschreiben. Dies ist ein Quellmodell der Originalquelle.

5.6.1.2 Lage

Die Originalquelle des Mündungsknalles wird als gerichtete Kugelschallquelle betrachtet. Der Mittelpunkt der Originalquelle ist der maßgebliche Emissionsort für die betrachtete Emissionssituation. Die Höhe z_M des maßgeblichen Emissionsortes $P_M(x_M, y_M, z_M)$ ist die in Tabelle 1 als ‚maßgebliche Höhe‘ angegebene Höhe. Die Koordinate x_M ist der in Tabelle 2 als ‚maßgeblicher Abstand‘ angegebene Abstand vom Schießbahnbezugspunkt. Die seitliche Ablage y_M wird im Regelfall mit 0 m angesetzt. Wenn zwischen Schießbahnen auf einem Schießstand unterschieden werden soll, ist sie entsprechend anzupassen.

5.6.1.3 Quellstärke

Die Schusslinie - und damit die Ausrichtung der Originalquelle - ist parallel zur negativen x-Achse bei $z = z_M$. Die Originalquelle ist rotationssymmetrisch um die Schusslinie. Es wird der Winkel ϕ als Winkel zwischen der Abstrahlrichtung und der Schusslinie in der Ebene $z = z_M$ eingeführt, $\phi = 0^\circ$ ist die Schießrichtung.

Anmerkung

In der DIN EN ISO 17201 ist der Winkel ϕ mit α gekennzeichnet. Dies kollidiert mit dem Symbol für die Luftabsorption in der DIN ISO 9613-2.

Die Quellstärke wird als winkelabhängige Energieverteilung $L_q(\phi)$ angegeben.

Die winkelabhängige Energieverteilung der Originalquelle wird nach Gl. 5 und den Daten aus dem Merkblatt [15] berechnet. Dort ist der Koeffizient a_0 und die Exzentrizität ε_{dir} des Mündungsknalls für die Handwaffenklassen angegeben.

$$L_q(\varphi) = a_0 + \varepsilon_{dir} \cos(\varphi) \quad \text{mit } a_0 = 10 \lg \left(\frac{\frac{\varepsilon_{dir}}{2} \frac{\ln(10)}{10}}{\sinh \left(\frac{\varepsilon_{dir}}{2} \frac{\ln(10)}{10} \right)} \right) \text{ dB} \quad \text{Gl. 5}$$

5.6.1.4 Teiloriginalquellen

Die Originalquelle wird sowohl im Frequenzbereich als auch im Raumwinkelbereich in Teiloriginalquellen aufgeteilt. Die Aufteilung im Frequenzbereich erfolgt in die Oktaven mit den nominellen Mittenfrequenzen 63 Hz bis 8000 Hz.

Anmerkung

Die Vorgehensweise entspricht der Aufteilung der DIN ISO 9613-2.

$$L_{qf}(\varphi) = L_q(\varphi) - O_f \quad \text{Gl. 6}$$

Die winkelabhängige Oktavband-Energieverteilung L_{qf} wird nach Gl. 6 berechnet. In Gl. 6 ist O_f der relative Oktavpegel nach Spalte 6 bis 13 der Tabelle 1 des Merkblatts [15]. Akustische Energie des Mündungsknalls außerhalb dieser Oktavbänder wird vernachlässigt.

Die Aufteilung im Raumwinkelbereich erfolgt gleichmäßig in M Teiloriginalquellen. M soll nicht kleiner als 500 gewählt werden.

Anmerkung

Die Aufteilung ist gleichmäßig, wenn alle Teiloriginalquellen Raumwinkel mit annähernd gleichem Flächeninhalt auf der Einheitskugel repräsentieren.

In Verbindung mit den 8 Oktaven ergeben sich insgesamt 8-mal M Teiloriginalquellen.

Anmerkung

Die Teiloriginalquellen für denselben Raumwinkel können nicht zusammengefasst werden, weil eine spezifische Aufteilung von Teiloriginalquellen in Abhängigkeit von der zugeordneten Wellenlänge für die Oktaven bei Wechselwirkungen mit den Bauteilen des Schießstandes notwendig werden kann.

Jeder Teiloriginalquelle m wird ein Strahl $S_{f,m}$ zugeordnet. Der Strahl einer Teiloriginalquelle repräsentiert sowohl die Ausbreitungsrichtung als auch die senkrecht darauf stehende Ausbreitungsfläche. Die Strahlen sind gerade Strecken im Raum mit einem Anfangspunkt im maßgeblichen Emissionsort. Die dem Strahl eigene Ausbreitungsfläche, die auf der Einheitskugel seinen Raumwinkel repräsentiert, nimmt entlang der Länge des Strahls quadratisch mit der Länge zu.

Anmerkung

Der Begriff Strahl ist hier eine allgemeine Bezeichnung zur Benennung der Geometrie und der Zuordnung von akustischer Energie einer Teiloriginalquelle während der Ausbreitung im Schießstand. In konkreten Ausprägungen der Ausbreitungsrechnung können das dreidimensionale Objekte sein, die die ihr zugeordnete Energie transportieren. Im Verfahren PROPPER® sind die Strahlen beispielsweise aufeinander folgende Körper mit einer dreieckigen Ausbreitungsfläche.

Für jede Teiloriginalquelle folgt aus der Ausbreitungsrichtung ihres Strahls auf der Einheitskugel ein Winkel ϕ_n , der zur Bestimmung seiner Oktavband-Energie $L_{qf,m}$ maßgeblich ist. Für die gesamte - auf die zu betrachteten Oktaven begrenzte - akustische Energie des Mündungsknalls L'_q gilt Gl. 7.

$$L'_q = \sum_{f=6}^{13} \sum_{m=1}^M L_{qf,m} \quad \text{Gl. 7}$$

5.6.2 Bauteile im Schießstand

5.6.2.1 Geometrie

Auf einem Schießstand befinden sich Aufbauten, beispielsweise der Geschossfang, Seitenwände und/oder -wände, Höhenblenden und sonstige Bauteile, die den Mündungsknall reflektieren, beugen, streuen oder bei Durchgang dämpfen können. Die Ausbreitungsrechnung in einem Schießstand erfordert deshalb die sachgerechte Beschreibung und Erfassung der Lage, Abmessungen und Gestalt der Aufbauten des Schießstandes.

Geometrisches Grundelement der Beschreibung aller Bauteile ist der Grundkörper. Der Grundkörper ist als konvexer Sechs-Flächner durch 8 Punkte, deren Koordinaten im Schießstandbezugssystem anzugeben sind, im Raum festgelegt. Die 6 ebenen Flächen, die durch jeweils 4 der 8 Punkte gebildet werden, begrenzen den Grundkörper; der Grundkörper hat 12 Kanten.

Alle Bauteile werden als ein Grundkörper erfasst oder aus mehreren Grundkörpern, die fugendicht aneinander anschließen zusammengesetzt. Die Unsicherheit der Koordinatenangaben der Punkte soll kleiner sein als 0,1 m.

5.6.2.2 Akustischen Eigenschaften

Jeder Fläche eines Grundkörpers ist ein Energie-Reflexionsdämpfungsmaß zuzuweisen. Für typische Oberflächen auf Schießständen ist das Energie-Reflexionsdämpfungsmaß in Tabelle 8 angegeben. Die Maße gelten unabhängig vom Einfallswinkel des Strahls gegen die Fläche. Von diesen Maßen kann abgewichen werden, wenn der Nachweis erbracht wird, dass bei typischen Mündungsknallen von Handwaffen eine Fläche frequenz- oder winkelabhängig andere Energie-Reflexionsdämpfungsmaße aufweisen. Energie-Reflexionsdämpfungsmaße dürfen nicht größer als 5 dB festgelegt werden.

Die Innenseiten der Flächen des Grundkörpers sind verlust- und reflexionsfrei schalldurchlässig.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Oberfläche	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2kHz	4 kHz	8 kHz
2		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
3	Wall	0,0	0,5	1,0	1,0	2,0	5,0	5,0	7,0
4	Schießstandfläche	0,0	0,5	1,0	1,0	2,0	5,0	5,0	7,0
5	Höhenblende	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6	Geschossfang	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7	Absorberelement	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	7,0	7,0	10,0

Tabelle 8 Energie-Reflexionsdämpfungsmaße D_{refl} für Oberflächen von Aufbauten auf einer StOSchAnl

Anmerkung

Das Absorberelement in Tabelle 8, Zeile 7, besteht aus Mineralwolle hinter einem gelochten Blech.

Die Flächen des Grundkörpers sind in der Regel schalldurchlässig; sein Energie-Durchgangsdämpfungsmaß ist unendlich, die nicht reflektierte Energie wird als absorbiert betrachtet. Im Falle durchlässiger absorbierender Absorber, z. B. Absorber aus Mineralwolle vor einer reflektierenden Wand oder Kantenvorsatzabsorber, ist eine Energie-Durchgangsdämpfungsmaß von 50 dB/m anzusetzen. Von diesem Maß kann abgewichen werden, wenn der Nachweis erbracht wird, dass bei typischen Mündungsknallen von Handwaffen ein Volumen frequenz- oder winkelabhängig andere Energie-Durchgangsdämpfungsmaße aufweisen.

Anmerkung

Bei dem Nachweis höherer Werte für Energie-Reflexionsdämpfungsmaße oder Energie-Durchgangsdämpfungsmaße ist es nicht hinreichend, Standardverfahren zur Bestimmung eines Absorptionsgrades heranzuziehen. Der Nachweis kann durch die Messung des winkelabhängigen Schallabsorptionsgrads nach DIN CEN/TS 1793-5 erfolgen.

Die Reflexionen des Mündungsknalls an den häufig strukturierten Oberflächen der Aufbauten eines Schießstandes einschließlich der Schießstandfläche führen zu Streuungen.

Anmerkung

Die Beiträge des Streuschalls sind in vielen Fällen zu vernachlässigen, weil sie klein sind im Vergleich zu Beiträgen aus gebeugtem Schall oder direktem Schall. In einigen Bereichen in der Nachbarschaft von Schießständen ist aber nicht ausgeschlossen, dass sie einen Einfluss auf die Maximalwertbildung für den Pegel haben.

Das Energie-Streuungsmaß beträgt -27 dB, falls nicht Eigenschaften der Oberflächen des Grundkörpers berücksichtigt werden sollen. Das Energie-Streuungsmaß ist in Tabelle 9 für typische Oberflächen auf einem Schießstand angegeben. Es gilt unabhängig von der Einfallsrichtung des Strahls gegen die Oberfläche. Von dieser Setzung kann abgewichen werden, wenn spezifische Vorkenntnisse vorliegen. Der Anteil kann auch als Eigenschaft des Grundkörpers flächenspezifisch angegeben werden.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Oberfläche	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
2		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
3	Wall	-30	-30	-30	-25	-25	-25	-25	-25
4	Schießstandfläche	-30	-30	-30	-25	-25	-25	-25	-25
5	Höhenblende	-30	-30	-30	-25	-25	-25	-25	-25
6	Geschossfang	-30	-30	-25	-25	-25	-25	-25	-25
7	Absorberelement	-30	-30	-25	-25	-25	-25	-20	-20

Tabelle 9 Energie-Streuungsmaße D_{scat} für Oberflächen von Aufbauten auf einer StOSchAnl

5.6.2.3 Schießstandkörper

Für den Schießstand selbst ist ein Schießstandkörper festzulegen, der als virtueller konvexer Körper alle Aufbauten des Schießstandes gerade umfasst.

Der Schießstandkörper für den Schießstand, auf dem sich der maßgebliche Emissionsort befindet, soll auch benachbarte Schießstände mit ihren Aufbauten umfassen, falls zu erwarten ist, dass diese Aufbauten akustisch so wirksam sind, dass die Ersatzquelle für diese Emissionssituation auf dem Schießstand ohne deren Berücksichtigung der Schallabstrahlung nicht hinreichend zuverlässig beschrieben werden kann.

Die Ausbreitungsrechnung für jeden Strahl einer Teiloriginalquelle, der diesen Schießstandkörper durchdringt, gilt als abgeschlossen und wird als Teilersatzquelle modelliert.

Anmerkung

Der Schießstandkörper wird häufig als ‚Bounding Box‘ oder ‚Schuhkarton‘ bezeichnet.

5.6.2.4 Erdboden

Der Erdboden ist innerhalb des Schießstandes durch mehrere Grundkörper zu erfassen, wobei jeweils mindestens eine Fläche die Erdoberfläche abbildet. Schotterwege und besondere Un-

tergründe von Schützenstellungen unterscheiden sich vom Grasboden der Schießstandfläche und bilden eigene Körper. Das Energie-Reflexionsdämpfungsmaß nach Tabelle 8 und das Energie-Streuungsmaß nach Tabelle 9 wird unabhängig von der Einfallrichtung des Strahls gegen die Erdoberfläche angewendet.

Anmerkung

Auf Schießständen haben Erdböden und Wälle wegen der Bedeutung der Schießstandfläche für die Schießsicherheit besondere Verdichtungen.

5.6.3 Sekundärquellen

5.6.3.1 Streuungsersatzquelle

Es wird mindestens eine Streuungsersatzquelle als Sekundärquelle eingeführt, die von jedem Strahl bei einer Reflexion einem bestimmten Anteil der Energie nach Maßgabe des Energie-Streuungsmaßes der reflektierenden Fläche nach Tabelle 9 der Teiloriginalquelle übernimmt. Die Streuquelle ist eine isotrope Sekundärquelle. Bei der Bildung der Teilersatzquelle aus der Streuungsersatzquelle soll der Quellort oberhalb der maßgeblichen Emission angeordnet werden; Die Teilersatzquelle hat die Eigenschaften $\varepsilon = 0$, $\varepsilon_{SD} = 360^\circ$, $\eta = 0^\circ$, $\eta_{SD} = 360^\circ$.

5.6.3.2 Beugungsersatzquellen

An jeder Kante eines Grundkörpers, dessen Lambdazylinder vom Strahl einer Teiloriginalquelle oder einer Sekundärquelle getroffen werden kann, kommt es zur Beugung.

Anmerkung

In vielen technischen Schallausbreitungsmodellen verlangt die Beugungsrechnung die Angabe des Immissionsortes. Bei der Berechnung einer Ersatzquelle wäre dies nur möglich, wenn man die Flächen des Schießstandkörpers flächenabschnittsweise als Immissionsflächen betrachtet.

Zur Erfassung der Beiträge der Beugung der Kanten sind entlang dieser Kante Beugungsersatzquellen als Sekundärquellen zu definieren, die den Beugungsschall der von ihnen jeweils repräsentierten Kantenabschnitte sammeln. Der Abstand der Beugungsersatzquellen entlang der Kante soll 1 m nicht überschreiten.

Die Beugung an benachbarten parallelen Kanten wird durch die Beugung an der jeweils vom Strahl zuerst getroffenen Kante berücksichtigt. Kanten sind benachbart, wenn sich ihre Lambdazylinder schneiden. Die Beugung an beiden Kanten kann durch eine gemeinsame Folge von Beugungsersatzquellen repräsentiert werden.

Die Beugungsersatzquellen werden wie die Originalquelle in Teilbeugungsersatzquellen aufgeteilt, denen wieder Strahlen zuzuordnen sind.

Beugungsersatzquellen können kantenspezifisch zusammengefasst werden. Der Ort der daraus folgenden neuen Beugungsersatzquelle soll so gewählt werden, dass er den Energieschwerpunkt der beteiligten Beugungsersatzquellen repräsentiert. Bei der Bildung der Teilerersatzquellen ist die Zeitspanne der Zeitverzögerung entsprechend mitzuführen.

5.6.4 Ausbreitungsrechnung im Schießstand

5.6.4.1 Dämpfungen auf dem Ausbreitungsweg

Die Ausbreitungsrechnung ist für jede oben definierte band- und raumwinkelbegrenzte Teiloriginalquelle $S_{f,m}$ durchzuführen. Im Folgenden wird die Ausbreitungsrechnung für eine solche Teiloriginalquelle betrachtet. Dabei wird der Index m jeweils weggelassen und der Index f nur dann verwendet, wenn Frequenz- bzw. Wellenlängenabhängigkeit eine Rolle spielt.

Anmerkung

Die betrachtete Teiloriginalquelle kann zu einer oder bei Reflexion und Beugung zu mehreren Teilerersatzquellen führen.

Für die Dämpfungen entlang des Schallweges gilt Gl. 8.

$$L_e = L_q - A_e \quad \text{Gl. 8}$$

In Gl. 8 ist L_e die akustische Energie nach Abschluss der Ausbreitungsrechnung auf der Oberfläche des Schießstandkörpers und A_e die gesamte Dämpfung auf dem Schallausbreitungsweg nach Gl. 9.

$$A_e = A_{e,\text{div}} + A_{e,\text{airabs}} + A_{e,\text{refl}} + A_{e,\text{scat}} + A_{e,\text{volabs}} \quad \text{Gl. 9}$$

Anmerkung

Die Darstellungen der Ausbreitungsrechnung ist angelehnt an die DIN ISO 9613-2. Durch die Einführung des Index e , werden die Dämpfungsterme unterschieden. Der Index deutet gleichzeitig an, dass es sich um die akustische Energie handelt.

5.6.4.2 Geometrische Dämpfung $A_{e,div}$

In der Ausprägung des Modells ist sicherzustellen, dass sich für jeden Strahl eine geometrische Dämpfung proportional zu $1/(\text{Quadrat der Laufstrecke})$ einstellt. Bei eindimensionalen Strahlen gilt.

$$A_{e,div} = 20 \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) \text{ dB} \quad \text{mit } d_0 = 1 \text{ m} \quad \text{Gl. 10}$$

In Gl. 10 ist d der Abstand zwischen dem – gegebenenfalls sekundären – Quellort und einem Ort auf einem Reflektor oder in einem Lambdazylinder oder dem Ort auf dem Schießstandkörper, an dem der Strahl diesen verlässt.

5.6.4.3 Luftabsorption A_{airabs}

Die Luftabsorption wird nach DIN ISO 9613-2 berücksichtigt.

$$A_{e,airabs} = \alpha d \quad \text{Gl. 11}$$

5.6.4.4 Volumenabsorption A_{volabs}

Die Verluste des Strahls beim Durchgang durch ein i Absorbervolumen werden Gl. 12 berücksichtigt.

$$A_{e,volabs} = \sum_i D_{vol,i} \Delta d_i \quad \text{Gl. 12}$$

Anmerkung

Auch innerhalb des Absorbervolumens wird die Luftabsorption berücksichtigt.

5.6.4.5 Reflexion

Ein Grundkörper wird dann in eine Reflexionsprüfung für einen Strahl einbezogen, wenn die in DIN ISO 9613-2 festgelegten wellenlängenabhängigen Bedingungen für eine Reflexion sachgerecht erfüllt sind.

Ein Strahl wird an einer Fläche des Grundkörpers reflektiert, falls der Schwerpunktstrahl seiner Ausbreitungsfläche (Strahl vom Quellpunkt durch den Schwerpunkt der Ausbreitungsfläche) den um die Durchstoßlinie der vier Lambdazylinder der Fläche verkleinert gedachten Flächenbereich trifft. Ist diese Reflexionsbedingung erfüllt, wird der Strahl einschließlich seines Ausgangspunktes an der Ebene der Fläche des Grundkörpers gespiegelt, vgl. DIN ISO 9613-2.

Die Reflexionsdämpfung ergibt sich nach Gl. 13 als Summe der Energie-Reflexionsdämpfungen über i reflektierende Flächen.

$$A_{e,refl} = \sum_i D_{ref,i} \quad \text{Gl. 13}$$

Anmerkung

Trifft die Projektion seiner Ausbreitungsfläche gleichzeitig mehrere Grundkörper, ist der Strahl solange unter Erhaltung der Energie bzw. Aufteilung der Energie und unter Beibehaltung der Flächenrepräsentanz zu teilen, bis die Ausbreitungsflächen der Teilstrahlen einen Flächeninhalt von weniger als dem Quadrat der Wellenlänge haben. Jeder dieser Teilstrahlen wird zu einem Strahl und weiter eigenständig verfolgt.

Die Strahlaufteilung kann zu einem Schauer von neuen Strahlen führen und erhöht die Anzahl der Teilersatzquellen signifikant.

5.6.4.6 Streuung

Bei jeder Reflexion geht ein Anteil der Strahlenergie in die Streuersatzquelle über; dieser Anteil wirkt wie eine Dämpfung für den Strahl nach Gl. 14.

$$A_{e,scat} = \sum_i D_{scat,i} \quad \text{Gl. 14}$$

Der Beitrag zur Energie der Streuersatzquelle durch die Teiloriginalquelle wird nach Gl. 15 bestimmt

$$L_{s,scat,m} = 10 \lg \left(\sum_i 10^{0,1(L_{e,m}(d_i) - D_{scat,i})} \right) \text{ dB} \quad \text{Gl. 15}$$

Gl. 15 bildet die energetische Summe der Beiträge zur Streuenergie von i Reflexionen des Strahls m . $L_{e,m}(d_i)$ ist der nach Gl. 8 bestimmte Pegel des Strahls m bei der Reflexion i .

$$L_{s,scat} = 10 \lg \left(\sum_m 10^{0,1L_{e,scat,m}} \right) \text{ dB} \quad \text{Gl. 16}$$

Der Energiepegel der Ersatzstreuquelle ergibt sich als Summe über die Beiträge aller Strahlen aus Gl. 16.

5.6.4.7 Beugung

Ein Strahl wird an einer Kante gebeugt, falls der Schwerpunktstrahl seiner Ausbreitungsfläche (Strahl vom Quellpunkt durch den Schwerpunkt der Ausbreitungsfläche) den Lambdazylin-
ders der Kante trifft.

Trifft die Projektion seiner Ausbreitungsfläche gleichzeitig mehrere Lambdazyylinder, ist der Strahl solange unter Erhaltung der Energie bzw. Aufteilung der Energie und unter Beibehaltung der Flächenrepräsentanz zu teilen, bis die Ausbreitungsflächen der Teilstrahlen einen Flächeninhalt von weniger als dem Quadrat der Wellenlänge haben. Ist nach Teilung die Beugungsbedingung für verschiedene Lambdazyylinder erfüllt, soll der Lambdazyylinder gewählt

werden, der zuerst getroffen wird. Werden mehrere Lambdazyylinder gleichzeitig getroffen, kann eine beliebige Auswahl vorgenommen werden. Jeder dieser Teilstrahlen wird zu einem Strahl und weiter eigenständig verfolgt, vgl. Reflexion.

Die Energie des Strahls geht völlig in die Beugungsersatzquelle der Kante bzw. des Kantenabschnitts über, die dem Treffpunkt des Strahls mit dem Lambdazyylinder der Kante zugeordnet ist.

Der Strahl endet mit seiner Beugung mit dem Energiepegel $L_e(d_i)$. $L_e(d_i)$ wird nach Gl. 8 für den Beugungsabstand d_i berechnet.

Der Beitrag zur winkelabhängigen Energieverteilung der Beugungsersatzquelle durch die Teiloriginalquelle oder eine Sekundärquelle wird in enger Anlehnung an das Verfahren in [17] bzw. [18] ermittelt.

Anmerkung

Der Bestimmung der Beiträge durch Beugung kommt bei der Strahlverfolgung in StOSchAnl eine besondere Bedeutung zu: Der überwiegende Anteil des Schalls stammt aus Beugung. Weil StOSchAnl so gebaut sind, dass Geschosse den Stand bei flachen Winkeln gegen den Boden nicht verlassen können, sondern stets durch Aufbauten aufgefangen werden, gilt das auch für den Direktschall aus dem Stand. Es ist deshalb sachgerecht, ein hochwertiges Beugungsmodell zu verwenden.

Dieses Verfahren berücksichtigt die besonderen Eigenschaften der Beugung von Schallimpulsen an Kanten.

Anmerkung

Standardverfahren der Beugungsrechnung gehen von einem gleichmäßigen Schalleinfall aus: Die Kante wird an jeder Stelle gleich beleuchtet und trifft die Kante inkohärent. Mündungsknalle sind aber signifikant gerichtet und haben eine kohärente Phasenbeziehung, s. DIN EN ISO 17201-3.

Trifft ein Strahl m den Lambdazyylinder der Kante K eines Grundkörpers im Bereich der Beugungsersatzquelle B dieser Kante, wird ihm zunächst ein Punkt K_s auf der Kante zugeordnet. K_s ist der Schnittpunkt der gemeinsamen Senkrechten des Strahls m und der Kante K . Geometrisch betrachtet ist die Kante die Schnittgerade zweier Ebenen eines Grundkörpers. Der Winkel θ_w ist der Außenwinkel der Kante.

Anmerkung

Konkave Kanten, die nur entstehen können, wenn sie durch aneinander angrenzende Grundkörper gebildet werden, werden vernachlässigt.

Der Einfall des Strahls ist durch zwei Winkel zu kennzeichnen: die Winkel ϑ_s und θ_s , s. Abbildung 16.

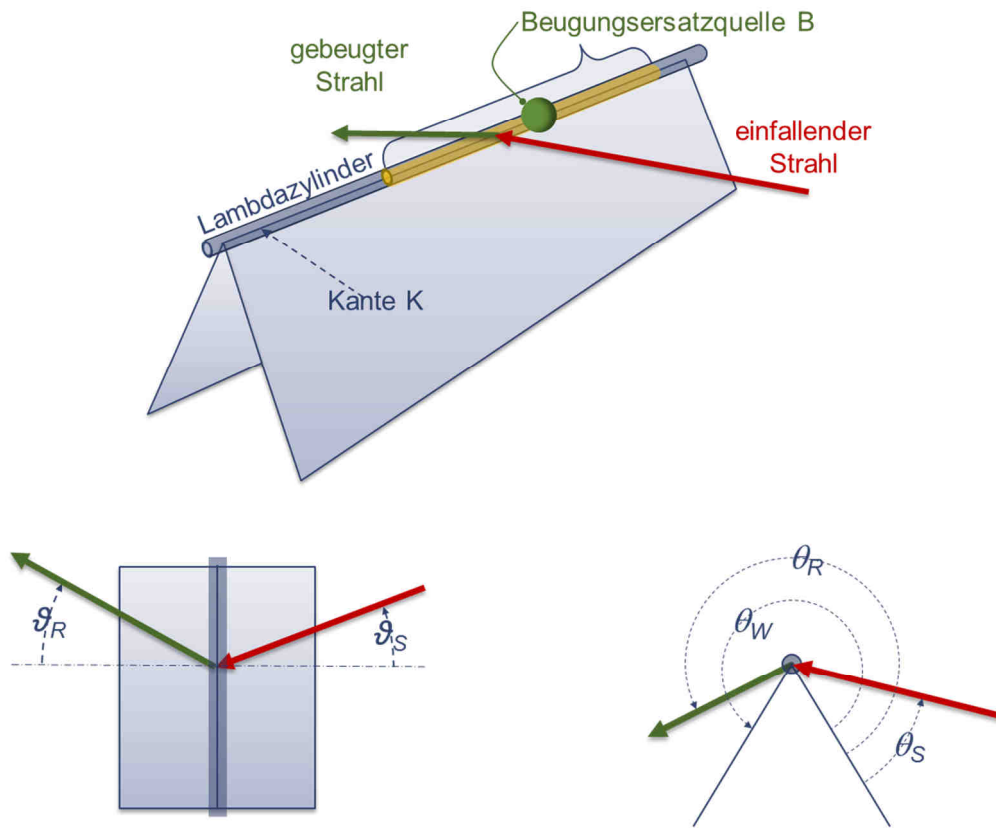


Abbildung 16 Zur Definition der Winkel bei der Beugung
oben: Kante K mit den sie bildenden Flächen des Grundkörpers, Beugungsersatzquelle B mit dem ihr zugeordneten Bereich der Kante, dem einfallenden Strahl und einem ausfallenden Strahl
unten links: Aufsicht
unten rechts: Schnitt quer zur Kante

Gl. 17 bestimmt den Beugungsbeitrag in eine beliebige Ausfallrichtung, der wiederum durch zwei Winkel ϑ_R und θ_R gekennzeichnet ist. Für jede Teilbeugungsersatzquelle der Beugungsersatzquelle B ist der Beugungsanteil zu bestimmen. Dabei sind die Richtung des einfallenden Strahls und die Winkel der Teilbeugungsersatzquellen aus dem Schießstandbezugssystem in das Kanten-Winkelsystem umzurechnen.

Die Beugungsrechnung wird numerisch durchgeführt.

$$L_B(\vartheta_R, \theta_R) = L_e(d_i) + 10 \lg \Phi(\vartheta_R, \theta_R) \text{ dB} \quad \text{Gl. 17}$$

mit

$$\Phi = \frac{\Psi^2}{\int_{\theta_W}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \Psi^2 d\vartheta_R d\theta_R} \quad \text{Gl. 18}$$

mit

$$\Psi = \frac{1}{4\theta_w} \cdot \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{\theta_w} \cdot \left(\pi + (-1)^j \theta_s + (-1)^i \theta_r\right)\right)}{\cosh\left(\frac{\pi}{\theta_w} \cdot \kappa\right) - \cos\left(\frac{\pi}{\theta_w} \cdot \left(\pi + (-1)^j \theta_s + (-1)^i \theta_r\right)\right)} \right] \quad \text{Gl. 19}$$

mit

$$\kappa = \cosh^{-1}\left(\frac{1 + \sin(\vartheta_r) \cdot \sin(\vartheta_s)}{\cos(\vartheta_r) \cdot \cos(\vartheta_s)}\right) \quad \text{Gl. 20}$$

1 5.6.5 Durchführung der Ausbreitungsrechnung

2 Die Ausbreitungsrechnung liefert eine Anzahl von Sekundärquellen. Trägt eine Sekundär-
 3 quelle mehr als 1% Energie zur Gesamtenergie der Ersatzquelle bei, soll eine erneute Schal-
 4 lausbreitungsrechnung für die Sekundärquellen durchgeführt werden.

5 5.6.6 Bildung der Ersatzquelle

6 Nach erfolgter Ausbreitungsrechnung liegt eine Liste von Strahlen mit ihren geometrischen
 7 und akustischen Eigenschaften auf dem Schießstandkörper vor. Aus jedem dieser Strahlen
 8 wird eine Teilersatzquelle bestimmt und deren Eigenschaften nach Tabelle 7 bereitgestellt.

9 Strahlen, für deren Teilersatzquelle die Bedingungen Gl. 21 oder Gl. 22 erfüllt sind, können
 10 vernachlässigt werden.

$$L_q < 37 \text{ dB} + 10 \lg \left(\varepsilon_{s\Delta} \eta_{s\Delta} \frac{\pi^2}{(180^\circ)^2} \right) \text{ dB} \quad \begin{array}{l} \varepsilon_{s\Delta} \leq 5^\circ \quad \text{und} \quad \eta_{s\Delta} \leq 5^\circ \\ \text{bei} \quad \eta_s \leq 30^\circ \end{array} \quad \text{Gl. 21}$$

11 *Anmerkung*

12 *Diese Bedingung kann bereits während der Ausbreitungsrechnung verwendet werden, um die Berech-*
 13 *nungen im Schießstandquellmodell zu vereinfachen.*

$$\eta_s - \eta_{s\Delta} > 30^\circ \quad \text{Gl. 22}$$

14 *Anmerkung*

15 *Teilersatzquellen, die die Bedingung Gl. 22 erfüllen, können die Reflexionsbedingung nach Abschnitt*
 16 *5.7.2 in einem Abstand bis 5000 m nicht einhalten.*

17 Die Bereitstellung der maßgeblichen Zeitverzögerung t_s ist dann nicht direkt möglich, wenn
 18 die Strahlen von einer Beugungsersatzschallquelle stammen. Dann ist eine Zeitspanne zu be-
 19 stimmen, die die minimale ($t_{s,min}$) und maximale Verzögerung ($t_{s,max}$) der Strahlen angibt.
 20 Wird zusätzlich ein Wert für t_s abgegeben, ist dies die Zeitverzögerung, die kleiner ist als die
 21 Hälfte aller Strahlen, die zu dieser Beugungsersatzquelle gehören.

1 **5.6.7 Unsicherheit der Bestimmung der Ersatzquelle**

2 DIN EN ISO 17201-3 verlangt den Vergleich der Ergebnisse eines Bestimmungsverfahrens
3 für Ersatzquellen mit dem dort angegebenen Testaufgaben. Die Abweichung zu diesen Er-
4 gebnissen soll als Unsicherheit für das Bestimmungsverfahren angegeben werden.

5

5.7 Schallausbreitungsmodell

5.7.1 Teilersatzquellen in der DIN ISO 9613-2

Die DIN ISO 9613-2 legt in Abschnitt 7.5 fest, dass immer dann, wenn Reflexionen von der realen Quelle berücksichtigt werden müssen, Spiegelquellen mit eigenen Schallwegen gebildet werden müssen, die dann zunächst unabhängig voneinander nach ihrem Schema zu berechnen sind.

In diesem Sinne ist die Liste der Teilersatzquellen nach Kapitel 5.7, eine Liste von Quellen mit verschiedenen Laufwegen und spezifischen Eigenschaften, die folgerichtig einer eigenen Schallausbreitungsrechnung unterzogen werden müssen. Auch die „reale Quelle“ (DIN ISO 9613-2, Abschnitt 7.5) ist eine Teilersatzquelle oder wird in solche separiert. Dies ist von vorneherein gegeben, weil Schießstandquellmodelle in der Regel die Teilersatzquellen aus einer Strahlverfolgung in der komplexen Geometrie des Schießstands ermitteln und gerade die für den Bereich des Schießstands vollständige Anzahl von Laufwegen durch die Liste der Teilersatzquellen ausweisen. Sollte ein Schießstandquellmodell diesen Regelfall nicht erfüllen, muss gesondert beschrieben werden, wie die Vollständigkeit der Liste erreicht wird.

5.7.2 Auswahl der Teilersatzquellen

Die in der Spiegelstrich-Aufzählung und in Gleichung 19 des Abschnitts 7.5 der DIN ISO 9613-2 formulierten Bedingungen für die Berücksichtigung einer Reflexion werden innerhalb des Schießstandes entweder von dem Schießstandquellmodell umgesetzt oder durch eigene Verfahren sachgerecht ersetzt und sind deshalb nicht Gegenstand des Verfahrens.

Die textliche Festsetzung der DIN ISO 9613-2, Abschnitt 7.5, 1. Absatz, ist dagegen zu beachten; also die Vorgabe, dass Reflexionen von ‚mehr oder weniger senkrechten Oberflächen‘ zur berücksichtigen sind.

Zitat DIN ISO 9613-2, Abschnitt 7.5, 1. Absatz

Reflexionen werden hier als Spiegelquellen betrachtet. Diese Reflexionen entstehen an Decken/Dächern im Freien und an mehr oder weniger senkrechten Oberflächen, wie z. B. Gebäudefassaden, wodurch der Schalldruckpegel ansteigen kann.

Im Rahmen des hier vorgelegten Verfahrens wird die textliche Vorgabe „mehr oder weniger senkrecht“ in eine ermessensfreie geometrische Bedingung umgesetzt. Diese Bedingung entscheidet, ob eine Teilersatzquelle zum Geräuschpegel in einem gegebenen Aufpunkt beiträgt. Dazu wird der Raumwinkel der Teilersatzquelle hilfsweise als eine solche reflektierende Oberfläche betrachtet, die den Quellort der Teilersatzquelle als Spiegelquelle erzeugt hat.

Der Raumwinkel wird als Oberfläche mit seinen durch die Öffnungswinkel festgelegten Abmessungen auf der Einheitskugel beim Horizontalwinkel und Vertikalwinkel der Teilersatzquelle eingeführt.

Anmerkung

Die Verwendung der Einheitskugel ist eine zunächst willkürliche Festlegung. Sie beschränkt die Allgemeingültigkeit des Verfahrens nicht. Der Abstand zwischen Quellpunkt und Oberfläche muss allerdings so klein sein, dass die Krümmung von 5000 m eine Unterscheidung zwischen dem Inversionsfall und dem Mitwindfall keine Rolle spielt, vgl. informative Testaufgabe zur DIN ISO 9613-2 im Anhang der DIN 45687, siehe [16].

In Abbildung 17 ist ein horizontaler Schnitt $z = z_S$ einer Ausbreitungssituation einer Teilersatzquelle mit dem Quellort P_S und dem Aufpunkt P_I dargestellt.

1. Horizontale Reflexionsbedingung

Eine Teilersatzquelle trägt nur dann zum Geräuschpegel im Aufpunkt bei, wenn er im Sektor liegt, der durch $\varepsilon_S - \frac{\varepsilon_{S\Delta}}{2} \geq \varepsilon \geq \varepsilon_S + \frac{\varepsilon_{S\Delta}}{2}$ gebildet wird.

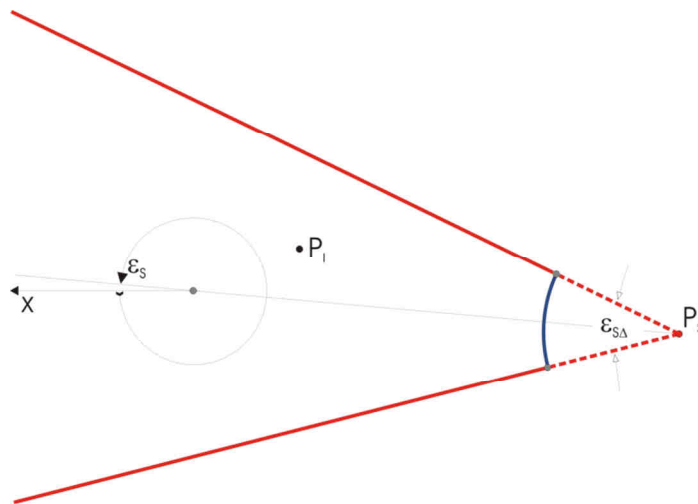


Abbildung 17 Horizontaler Schnitt der Ausbreitungssituation

In Abbildung 18 ist der vertikale Schnitt in der Ebene der Ausbreitungssituation, in der sowohl P_S als auch P_I liegen, dargestellt. Während sich in der Projektion auf die Bodenebene Strahlen als Geraden ausbreiten, erfolgt die Ausbreitung in vertikalen Schnitten nach DIN ISO 9613-2 entlang von Kreisen mit dem Radius von 5000 m, vgl. die Abbildung ‚Bild A1‘ mit Anmerkung oder die Abbildung ‚Bild A2‘ der DIN ISO 9613-2. Die äquivalente geometrische Betrachtung führt zur zweiten notwendigen Bedingung.

2. Vertikale Reflexionsbedingung

Eine Teilersatzquelle trägt dann zum Geräuschpegel im Aufpunkt bei, wenn der Aufpunkt P_I oder sein an der Bodenebene gespiegelter Punkt P_{IG} zwischen zwei Kreisen mit dem Radius 5000 m – in Abbildung 18 mit C_+ und C_- gekennzeichnet – liegen.

Der Kreis C_+ (C_-) geht durch P_S und dem Schnittpunkt der oberen (unteren) Begrenzungslinie des Raumwinkels der Teilersatzquelle mit der Schnittebene; der Mittelpunkt des Kreises liegt dabei unterhalb der Strecke zwischen diesem Schnittpunkt und dem Quellort.

Anmerkung

Der in Abbildung 18 ebenfalls eingetragene Punkt P_S ist der ‚reale Quellort‘, wenn man die Situation der Testaufgabe der DIN 45687 anwenden möchte, vgl. [16]

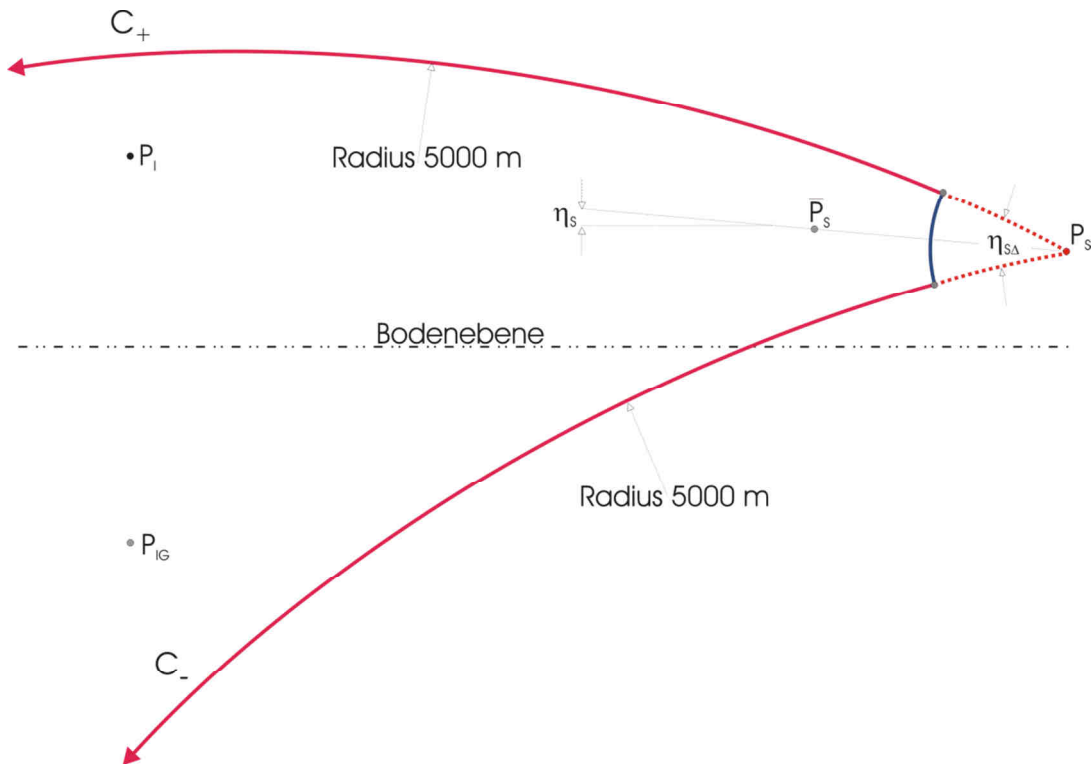


Abbildung 18 Vertikaler Schnitt der Ausbreitungssituation

Werden die horizontale und die vertikale Reflexionsbedingung erfüllt, trägt die Teilersatzquelle zum Geräuschpegel am Aufpunkt bei. In der folgenden Ausbreitungsrechnung werden nur solche Teilersatzquellen berücksichtigt.

5.7.3 Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2

Anmerkung 1

In diesem Kapitel werden einige Gleichungen der DIN ISO 9613-2 zitiert, um die Lesbarkeit des Textes zu verbessern. Die Bedeutung der Formelzeichen ist der zitierten Norm zu entnehmen, falls sie nicht hier wiederholt wird.

Anmerkung 2

Die Einführung der Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 in der DIN EN ISO 17201-3 ist äquivalent. Hier wird die Darstellung entlang der DIN ISO 9613-2 im Original bevorzugt. Es gelten allerdings die Hinweise in der DIN EN ISO 17201-3, soweit sie für das hier beschriebene Verfahren relevant sind.

Die grundlegende Gleichung für den in einem Aufpunkt auftretende äquivalente Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind, $L_{IT}(DW)$, ist für jede Teilersatzquelle, die die beiden Reflexionsbedingungen erfüllt, nach Gleichung 3 der DIN ISO 9613-2 für die Oktavbänder mit den Bandmittelfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz zu berechnen.

$$L_{IT}(DW) = L_W + D_C - A \quad \text{DIN ISO 9613-2, Gleichung 3}$$

L_W ist der Oktavband-Schallleistungspegel. Der Schallleistungspegel ergibt sich aus dem Expositionspegel $L_{E, 1 m}$ nach Gl. 3 mit Gl. 23.

$$L_W = L_{E, 1 m} + 11 \text{ dB} \quad \text{Gl. 23}$$

Anmerkung

Bei dieser Berechnung des Schallleistungspegels als Eingangsgröße für die Quellstärke wird der Umweg über den Expositionspegel in 1 m Abstand gewählt, weil erstens für den Mündungsknall zwar die Energie wohl definiert ist aber nicht die Leistung, und weil zweitens dadurch die Impedanz-Korrektur, die die von den Umgebungsbedingungen abhängige Umsetzung der Schallenergie in Schalldruck nach DIN EN ISO 17201-1 bzw. -3 berücksichtigt, vor Eintritt in die Ausbreitungsrechnung mit der DIN ISO 9613-2, die diese Korrektur nicht vorsieht, durchführen zu können.

Der Expositionspegel $L_{E, 1 m}$ ergibt sich aus den Kenngrößen der Teilersatzquelle nach

$$L_{E, 1 m} = L_q - 10 \lg \left(\varepsilon_{s\Delta} \left(\cos \left(\eta_s - \frac{\eta_{s\Delta}}{2} + \frac{\pi}{2} \right) - \cos \left(\eta_s + \frac{\eta_{s\Delta}}{2} + \frac{\pi}{2} \right) \right) \right) \text{ dB} - 11 \text{ dB} \quad \text{Gl. 24}$$

Anmerkung

Die durch L_q angegebene Energie tritt durch den durch die Winkel ε_s und $\varepsilon_{s\Delta}$ bzw. η_s und $\eta_{s\Delta}$ festgelegten Raumwinkel aus. In Gl. 24 wird der aus dieser Energie folgende Expositionspegel bestimmt.

In ihrem Raumwinkel ist der $L_{E, 1 m}$ konstant; es ist keine Richtwirkungskorrektur zu berücksichtigen:

$$D_C = 0 \text{ dB} \quad \text{Gl. 25}$$

Für die Oktavbanddämpfung A in DIN ISO 9613-2, Gleichung 3 gilt nach Gleichung 4 der Norm:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad \text{DIN ISO 9613-2, Gleichung 4} \quad \text{Gl. 26}$$

- 1 Die geometrische Ausbreitung A_{div} ist gegeben durch:

$$A_{div} = \left[10 \zeta \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) + 11 \right] \text{dB} \quad \text{DIN ISO 9613-2, Gleichung 7} \quad \text{Gl. 27}$$

mit $\zeta = 2$ für Mündungsknalle

- 2 Hier ist d der Abstand zwischen P_I und P_S .

- 3 Die Luftabsorption A_{abs} ist gegeben durch:

$$A_{abs} = \frac{\alpha d}{1000 \text{ m}} \quad \text{DIN ISO 9613-2, Gleichung 8} \quad \text{Gl. 28}$$

- 4 Der Luftabsorptionskoeffizient α ist der Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 zu entnehmen.

- 5 Der Bodeneffekt A_{gr} ist gegeben durch

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \quad \text{DIN ISO 9613-2, Gleichung 9} \quad \text{Gl. 29}$$

- 6 Für die Ausbreitungsrechnung der Teilersatzschallquellen wird

$$G_S = 0 \quad \text{Gl. 30}$$

- 7 festgelegt. A_s , A_r und A_m sind nach den Vorschriften der DIN ISO 9613-2 zu bestimmen. Falls
8 das A_{gr} nach Abschnitt 7.3.2 berechnet wird, ist dies zu begründen.

- 9 *Anmerkung*

10 *Die Entscheidung, ob die Anwendung des alternativen Verfahrens zur Bestimmung von A_{gr} nach Ab-*
11 *schnitt 7.3.2 der Norm zulässig ist, wird hier nicht getroffen. In [7] werden die Schwächen der Bestim-*
12 *mung des Bodeneffekts diskutiert.*

- 13 Die Abschirmung A_{bar} und die Dämpfung durch verschiedene andere Effekte A_{misc} sind nur zu
14 berücksichtigen, falls sie auf Elemente der Schallausbreitungssituation beruhen, die unabhän-
15 gig von den Aufbauten des Schießstandes sind.

- 16 Aus den nach Gleichung 3 der DIN ISO 9613-2 bestimmten den äquivalente Oktavband-
17 Dauerdruckschallpegel bei Mitwind, $L_{fT}(DW)$ wird für die Teilersatzquelle n der äquivalente
18 A-bewertete Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT,n}(DW)$ nach Gl. 31 gebildet.

$$L_{AT,n}(DW) = 10 \lg \left[\sum_{f=6}^{13} 10^{0,1(L_{fT,n}(DW) + A_f)} \right] \text{dB} \quad \text{Gl. 31}$$

Anmerkung

Zitat DIN ISO 9613-2 „A_f genormte A-Bewertung (siehe IEC 651)“. Die IEC 651 ist zurückgezogen. Die A_f sind der IEC 61672-1-2002 zu entnehmen.

Gl. 31 führt die A-Bewertung in äquivalenten Oktavband-Dauerschallpegel durch und summiert über die relevanten Oktaven für eine Quelle in äquivalenter Vorgehensweise zur DIN ISO 9613-2, Gleichung 5. Auf die Bildung eines Einzahlpiegels im Aufpunkt durch die energetische Addition der Beiträge aller Teilersatzquellen, so wie das DIN ISO 9613-2, Gleichung 5 vorgibt, wird verzichtet; der so gebildete Einzahlpiegel $L_{AT}(DW)$ ist nicht Grundlage des Beurteilungsverfahrens nach TA Lärm für Schießgeräusche.

Die Ausbreitungsrechnung ist mit der Erstellung der Liste der $L_{AT,n}(DW)$ abgeschlossen.

5.7.4 Beurteilungspegel nach VDI 3745 Blatt 1

5.7.4.1 Grundlage des Beurteilungspegels

Die TA Lärm schreibt als Beurteilungsverfahren für Schießgeräusche kleiner Waffen (Rohrkaliber < 20 mm) das Verfahren nach VDI 3745 Blatt 1 vor. Die VDI 3745 Blatt 1 gründet ihr Beurteilungsverfahren auf der Messung des mittleren L_{AFmax} (im Folgenden kurz ‚Maximalpegel‘ genannt) eines Einzelereignisses einer Emissionssituation und schallausbreitungsgünstigen Wetterbedingungen vom Emissionsort zum Immissionsort. Es ist deshalb erforderlich aus den oben bestimmten Beiträgen $L_{AT,S}$ der Teilersatzquellen, den Maximalpegel zu berechnen.

Dabei wird unterstellt, dass die in den Vorausberechnungen nach der DIN ISO 9613-2 unter dem Kapitel 5 „Witterungsbedingungen“ getroffenen Bedingungen, denjenigen entsprechen, die auch die VDI 3745 Blatt 1 als Messbedingungen vorschreibt. Es wird auch angenommen, dass die Mittelung aus 3 unabhängigen Messungen nach VDI 3745 Blatt 1 dem äquivalenten A-bewerteten Dauerschallpegel der DIN ISO 9613-2 bei schallausbreitungsgünstigen Bedingungen entspricht.

5.7.4.2 Berücksichtigung der meteorologischen Korrektur

Nach TA Lärm A.1.4 ist bei der Bildung des Beurteilungspegels die meteorologische Korrektur zu beachten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die meteorologische Korrektur von der jeweiligen Teilzeit abhängen kann, s. folgende Zitate aus der TA Lärm.

Zitat TA Lärm aus Abschnitt A.1.4 ‚Beurteilungspegel L_r ‘

...“Zusätzlich ist die meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6) zu berücksichtigen.

Treten während einer Beurteilungszeit unterschiedliche Emissionen auf oder sind unterschiedliche Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit oder Tageszeiten mit erhöhter Empfind-

lichkeit erforderlich, so ist zur Ermittlung der Geräuschemissionen während der gesamten Beurteilungszeit diese in geeigneter Weise in Teilzeiten T_j aufzuteilen, in denen die Emissionen im wesentlichen gleichartig und die Zuschläge konstant sind. Eine solche Unterteilung ist z.B. bei zeitlich abgrenzbarem unterschiedlichem Betrieb der Anlage erforderlich. Der Beurteilungspegel wird dann nach Gleichung (G2) berechnet. "...

Zitat TA Lärm aus Abschnitt A.1.6 „Ermittlung von Schießgeräuschemissionen“

„c) weiterhin ist die meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2“ ...“zu berücksichtigen“

Anmerkung

Für die Beurteilung der Schießgeräusche bedarf die meteorologische Korrektur einer besonderen Prüfung. Das C_{met} in Kapitel 8 der DIN ISO 9613-2 ist die vom Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort und von den Höhen der Quelle und des Empfängers und von einer von der Wetterstatistik abhängige Pegeldifferenz zwischen dem Langzeitmittelungspegel $L_{AT}(AT)$ und dem $L_{AT}(DW)$ unter den Anwendungsbedingungen dieser Norm, die die Anwendung auf Schießlärm grundsätzlich ausschließt. Deshalb ist hier eine meteorologische Korrektur festzulegen, die den meteorologischen Bedingungen bei der Messung nach VDI 3745 Blatt 1 entspricht.

Zitat VDI 3745 Blatt 1 Abschnitt 4.2

...“Die Mitwindbedingung ist erfüllt, wenn die momentane Windrichtung innerhalb eines Winkels von $\pm 60^\circ$ oder die über 5 min gemittelte Windrichtung innerhalb eines Winkels von $\pm 45^\circ$ um die Verbindungslinie zwischen Quellenmittelpunkt-Messort schwankt, auf den Messort gerichtet ist und der Momentanwert der Windgeschwindigkeit mindestens 1 m/s beträgt.“...

Deshalb wird hier eine meteorologische Korrektur festgelegt, die den Langzeitmittelungspegel einer Referenzquelle (vgl. VDI 3745 Blatt 1, Abschnitt 4.2, 3. Absatz) bei den Wettersituationen, die die Messbedingung sicher erfüllen mit dem Langzeitmittelungspegel in allen Wettersituationen vergleicht.

Für die Prognose von Schießlärm soll für den Beurteilungspegel die meteorologische Korrektur C'_{met} nach Gl. 32 bzw. Gl. 33 verwendet werden.

Anmerkung

Die meteorologische Korrektur C_{met} in der DIN ISO 9613-2 führt bei Abständen größer 1000 m zu einem annähernd konstanten Abschlag in der Größenordnung von C_0 . Die Norm ist im Hinblick auf die meteorologische Korrektur vage; sie führt aus, dass das mit den Gleichungen 21 und 22 bestimmte C_{met} „den Faktoren in etwa Rechnung trägt“. Dies entspricht nicht dem heutigen Stand des Wissens. Die Berechnung der unten geforderten Pegelverteilungen in Abhängigkeit von Wetterprognosen kann mit entsprechenden Schallausbreitungsmodellen, z. B. HARMONOISE, SchaMa ermittelt werden, vgl. dazu auch [25] und [26].

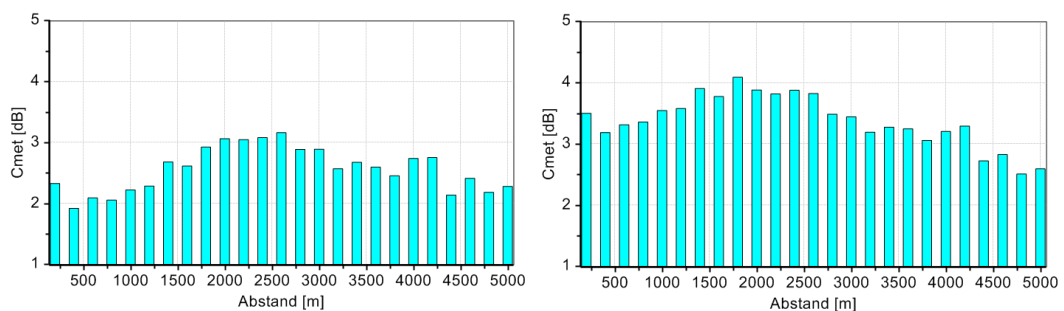


Abbildung 19 Abstandsabhängigkeit der meteorologischen Korrektur nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für die Richtungen Norden (links) und Süden (rechts)

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C'_{met}$$

vgl. Gleichung 6 der DIN ISO 9613-2

Gl. 32

$$C'_{met} = L_{ref}(LT) - L_{ref}(MS) \quad \text{Gl. 33}$$

In Gl. 33 ist $L_{ref}(LT)$ der Langzeitmittelungspegel für ein Referenzsignal über alle Wettersituationen in einem Zeitintervall, das mehrere Monate oder ein Jahr beträgt und $L_{ref}(MS)$ der Langzeitmittelungspegel über die Wettersituationen in demselben Zeitintervall, die die Messbedingung nach VDI 3745 Blatt 1 erfüllen.

Das Referenzsignal ist entweder das Oktavspektrum der Oktaven $f = 6$ (63 Hz) bis $f = 13$ (8 kHz) des Mündungsknalls eines Gewehrs nach [15] oder ein A-bewertetes rosa Rauschen von 50 Hz bis 10 kHz.

Anmerkung

Das Rauschsignal wird eingeführt, um eine Unabhängigkeit von der Waffenklassierung zu erreichen.

Für die Bestimmung der Pegel L_{ref} soll ein geeignetes Schallausbreitungsmodell verwendet werden, das Wind- und Temperaturschichtungen berücksichtigen kann. Für die Wind- und Temperaturschichtungen sollen Vorhersagen bzw. Wetterstatistiken verwendet werden, die lokal und –zumindest spezifisch für die Beurteilungszeit Tags und Nachts – zeitlich hinreichend fein aufgelöst sind, um den statistischen Mittelwert bilden zu können.

Für die Schallausbreitungssituation bei der Bestimmung der L_{ref} sind eine Quellhöhe von 6 m und eine Empfängerhöhe von 4 m einzustellen.

Die meteorologische Korrektur gilt für alle Emissionssituationen bzw. für alle Ersatz- und Teilersatzquellen einer StOSchAnl. C'_{met} kann für Winkel- und Abstandsklassen in einer Tabelle abgelegt werden, aus denen der maßgebliche Wert für eine Teilersatzquelle interpoliert wird.

5.7.4.3 Sonstiger Dämpfungen auf dem Ausbreitungsweg

Die DIN ISO 9613-2 nennt in ihrem informativen Anhang zusätzliche Beiträge zur Dämpfung während der Ausbreitung

- Bewuchs, A_{fol}
- Industriegelände, A_{site}
- bebautes Gelände, A_{hous}

Falls erforderlich, sollen die Reflexion und Beugung an Gebäuden in der Nachbarschaft der StOSchAnl im Einzelfall als Teil der Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 berücksichtigt werden.

Da das Modell der DIN ISO 9613-2 für A_{fol} mit großen Unsicherheiten behaftet ist und zum anderen nur einen „kleinen Dämpfungsbeitrag“ liefert, sollte im Hinblick auf den Immissionschutz auf die Bestimmung verzichtet werden. Der Einfluss von Wald kann berücksichtigt werden, wenn eine Nachmessung diesen nachweist oder weiterentwickelte Wald-Dämpfungsmodelle eingesetzt werden können.

5.7.4.4 Ermittlung des L_{AFmax}

Für die Umrechnung des Schallexpositionspegels $L_{E,A}$ in einen F-bewerten Pegel Schalldruckpegel L_{AF} wird die theoretisch höchste Korrektur von 9 dB angesetzt.

Anmerkung

Die DIN EN ISO 17201-3 lässt in der Gleichung 6 eine geringere Korrektur zu. Es ließe sich belegen, dass diese Korrektur mit zunehmendem Abstand zwischen Emissionsort und Immissionsort signifikant kleiner ausfällt. Im Rahmen dieses Verfahrens wird darauf aber unter dem Aspekt der Vorsorge verzichtet.

Dementsprechend werden aus den nach Gl. 32 ermittelten Dauerschallpegeln $L_{AT,n}(LT)$ jeder Teilersatzquelle in der Liste der Teilersatzquellen die Fast-bewerteten Pegel $L_{AF,n}$ nach Gl. 34 berechnet.

$$L_{AF,n} = L_{AT,n}(LT) + 9 \text{ dB} \quad \text{Gl. 34}$$

Der L_{AFmax} in einem Aufpunkt für ein Einzelereignis ist der Maximalwert eines $L_{AF}(t)$ über die Ereignisdauer im Aufpunkt. Die Ereignisdauer im Aufpunkt wird so festgelegt, dass sie Eintreffzeiten der Beiträge aller Teilersatzquellen sachgerecht umfasst. Die Eintreffzeit $t_{I,n}$, zu der der Beitrag der Teilersatzquelle n im Aufpunkt P_I eintrifft, ist

$$t_{I,n} = \frac{d_n}{c_0} + t_n \quad \text{mit } c_0 = 340 \text{ ms}^{-1} \quad \text{Gl. 35}$$

Ist die Zeitverzögerung einer Teilersatzquelle durch eine Zeitspanne von $t_{s,min}$ bis $t_{s,max}$ angegeben wird die maßgebliche Zeitverzögerung der Teilersatzquelle n , durch eine Mittelung nach Gl. 36 berechnet.

$$t_n = \frac{t_{s,min} + t_{s,max}}{2} \quad \text{Gl. 36}$$

Von dem Verfahren nach Gl. 36 kann abgewichen werden, wenn geeignetes Vorwissen besteht.

Die Liste der Teilersatzquellen ist so für einen Aufpunkt zu sortieren, dass gilt

$$t_{I,n+1} \geq t_{I,n} \quad \text{Gl. 37}$$

- 1 Danach wird die auf das Eintreffen des ersten Beitrages bezogene Eintreffzeit $\tau_{I,n}$ nach Gl. 38
2 bestimmt.

$$\tau_{I,n} = t_{I,n} - t_{I,0} \quad \text{Gl. 38}$$

- 3 Es werden Zeitklassen mit einer Breite von 62,5 ms eingeführt, die bei 0 s beginnt und die
4 Ereignisdauer im Aufpunkt überstreicht. Die Klassen von $v = 0$ bis V werden so nummeriert,
5 dass gilt

$$t_{v+1} = t_v + 62,5 \text{ ms} \quad \text{mit } t_0 = 0 \text{ s} \quad \text{Gl. 39}$$

- 6 Die Beiträge aller Teilersatzquellen i , für die gilt

$$t_v \leq \tau_i < t_{v+1} \quad \text{Gl. 40}$$

- 7 werden energetisch aufsummiert und als Klassenpegel $L_{AF,v}$ bezeichnet

$$L_{AF,v} = 10 \lg \left[\sum_i 10^{0,1 L_{AF,i}} \right] \text{ dB} \quad \text{mit } L_{AF,0} = -\infty \text{ dB} \quad \text{Gl. 41}$$

- 8 Aus den Klassenpegeln wird eine Pegelzeitklassenreihe nach

$$L'_{AF,v+1} = 10 \lg \left(10^{0,1 L'_{AF,v}} + 10^{0,1 L_{AF,v}} \right) \text{ dB} - 2,1 \text{ dB} \quad \text{Gl. 42}$$

- 9 *Anmerkung*

- 10 *Die Verminderung um $-2,1 \text{ dB}$ folgt aus dem Abfall des Pegels bei der Zeitbewertung Fast nach IEC*
11 *61672-1 [19] bei einer Klassenbreite von 62,5 ms.*

- 12 Es ergibt sich eine zeitklassierte Pegelzeitreihe, deren maximaler Wert der Kenngröße L_{AFmax}
13 des Einzelereignisses der VDI 3745 Blatt 1 zugeordnet wird.

$$L_{AFmax} = \text{Max}(L'_{AF,v}) \quad \text{Gl. 43}$$

14 **5.7.4.5 Bestimmung des mittleren Einzelschusspegels**

- 15 Der mittlere Einzelschusspegel der betrachteten Emissionssituation, die durch die Ersatzquel-
16 le repräsentiert wird, ist

$$L_m = L_{AFmax} \quad \text{Gl. 44}$$

- 17 *Anmerkung 1*

- 18 *Der Index k in Gleichung 1 der VDI 3745 Blatt 1 wird hier weggelassen, da er lediglich die Ersatzquel-*
19 *le indiziert.*

- 1 *Anmerkung 2*
- 2 *Aus der Anwendung der DIN ISO 9613-2 wird hier bereits der mittlere Pegel unter Mitwindbedingun-*
- 3 *gen bestimmt, deshalb gilt für die Gesamtanzahl n_k in Gleichung 1 der VDI 3745 Blatt 1 hier $n_k \equiv 1$.*
- 4

5.7.4.6 Bestimmung des Beurteilungspegels

Der Beurteilungspegel eines Einzelgeräusches (Mündungsknall) ergibt sich nach VDI 3745 Blatt 1 aus

$$L_r = L_m + 7 \text{ dB}$$

Gl. 45

Anmerkung

Gl. 45 berücksichtigt den Impulszuschlag von 16 dB nach Maßgabe der VDI 3745 Blatt 1. Diese Vorgehensweise ist äquivalent mit der Anwendung des Taktmaximalpegelverfahrens nach Abschnitt A.3.3.6, TA Lärm: $10 \lg(5) \text{ dB} = 7 \text{ dB}$.

5.7.5 Ermittlung und Beurteilung der Zusatzbelastung

Die Ermittlung der Zusatzbelastung durch Schießlärm von einer StOSchAnl erfolgt nach den Vorschriften der VDI 3745 Blatt 1 in Kapitel 6. Es sind jeweils die Regelungen für das gesteuerte Messen anzuwenden. Die Ermittlung der oberen Vertrauensgrenze für den Beurteilungspegel nach VDI 3745 Blatt 1 entfällt, da der Prognose keine Anzahl von Messungen zugrunde liegt. Es wird auf die Ausführungen in Kapitel 5.7.6 verwiesen.

Die Beurteilung der Zusatzbelastung erfolgt nach TA Lärm.

Die maßgeblichen Emissionssituationen und die typische Anzahl von Schüssen kann aus der allgemeinen Betriebsbeschreibung entnommen werden.

Anmerkung

Dies entspricht der Vorgehensweise der VDI 3745 Blatt 1.

Zitat VDI 3745 Blatt 1 Fußnote²⁾

„Wenn für die Anzahl der Schüsse keine anderen Daten zur Verfügung stehen, so können als Anhalt z. B. Angaben aus den einschlägigen Schießordnungen entnommen werden.“

5.7.6 Unsicherheit des Verfahrens

Die Unsicherheit des Verfahrens setzt sich grundsätzlich aus den in DIN EN ISO 17201-3 (Kapitel 7, Strichaufzählung) genannten Beiträgen zusammen, die hier wörtlich zitiert wird, aber zur Referenzierung nummeriert ist.

Zitat DIN EN ISO 17201-3, Spiegelstrichaufzählung der Unsicherheiten

Unsicherheiten ergeben sich aus einer Anzahl von Gründen:

1. dem Pegel der winkelabhängigen Schallenergieverteilung für die Fälle, in denen dieser durch Messung bestimmt wird (siehe ISO 17201-1), oder nach ISO 17201-2, bei der dieser auf der Grundlage der chemischen Energie der Treibladung abgeschätzt wird;
2. der Modellbildung der tatsächlich komplexen Quellensituation in Form von Ersatzquellen oder einer Anzahl von Ersatzquellen;
3. der Modellierung der tatsächlichen Situation durch Vereinfachung der Objekte, die die Schallausbreitung beeinflussen (Modellierung komplexer Strukturen durch Würfel, Modellierung von nicht ebenen Terrain durch ebenes Terrain, usw.);
4. der Position der Schallquelle hinsichtlich der Einflüsse von Objekten, die die Schallausbreitung und die tatsächliche Schussrichtung beeinflussen;
5. dem verwendeten Schallausbreitungsmodell.

Die Unsicherheiten 1. bis 4. fallen in die Unsicherheiten des Schießstandmodells und werden durch die Betrachtungen dort berücksichtigt.

Die Unsicherheit 4. besteht aus den Unsicherheiten der DIN ISO 9613-2, die abstandsabhängig mit 3 dB bzw. 5 dB angegeben ist.

Zu diesen Unsicherheiten kommt die Unsicherheit des hier beschriebenen Verfahrens der Bestimmung des L_{AFmax} des Einzelereignisses hinzu, die auf 1 dB abgeschätzt wird.

5.7.7 Dokumentation der Schallausbreitungsrechnung

Eine Prognoserechnung für eine konkrete Emissionssituation auf einem Schießstand einer StOSchAnl umfasst zur Kennzeichnung der Emissionssituation mindestens:

	1	2	3
1		Regelfall/Ausdruck/Datei	Bundeswehr-intern/Datei
2	StOSchAnl	Name	Eindeutiger Schlüssel des Übungsplatzortes (UPO) in MisData
3	Schießstand	Name	
4	Type des Schießstands	A/D	
5	Standort des Schützen	Zielentfernung/Linie o. Georeferenz	
6	Anschlagsart	stehend/kniend/liegend	Schusskonfigurationscode der Kombination in MisData
7	Waffenart bzw. -typ	Name	
8	Kaliber	Angabe in Millimeter	
9	Munitionsart	Name	
10	Treibladung	Masse in Gramm	
11	Mündungsgeschwindigkeit	Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde	
12	Geschoss	Masse in Gramm	
13	Rohrlänge	Länge in Millimeter	Eindeutiger Schlüssel der Ersatzquelle in MisData
14	Ersatzquelle	Name	
15	Teilersatzquellen	Anzahl	
16		Kenngrößen nach Tabelle 7	

Tabelle 10 Mindestanforderungen an die Dokumentation einer Emissionssituation

Das Schießstandmodell kann eine große Anzahl von Teilersatzquellen liefern. Die Bereitstellung der Dokumentation in einer Datei ist hinreichend.

Bei der Prognose in einem spezifischen Aufpunkt ist zu dokumentieren:

	1	2
1		Regelfall/Ausdruck/Datei
2	Ort des Aufpunktes	x_l, y_l, z_l oder Georeferenz, z_l
3	Je Teilersatzquelle,	$L_{A,T,n}(DW)$
4	die die Reflexionsbedingung erfüllt	t_n
5	Einzelereignispegel	L_m

Tabelle 11 Dokumentation einer Prognose in einem Aufpunkt

6 Geschossknall

Geschossknall entsteht entlang der Flugbahn des Geschosses von der Schützenstellung zum Zielaufbau, falls das Geschoss mit einer größeren Geschwindigkeit als die Schallgeschwindigkeit fliegt. Die Quellenergie und die Abstrahlrichtung des Geschossknalls von einem Teilstück der Flugbahn hängen vom Verhältnis dieser Geschwindigkeit auf diesem Teilstück zur Schallgeschwindigkeit, von der Länge und vom Durchmesser des Geschosses ab. Die DIN EN ISO 17201-3 empfiehlt die Anwendung ihres Teils DIN EN ISO 17201-4, falls der Geschossknall bei komplexen Schießständen berücksichtigt werden soll.

Die Ausbreitungsrechnung nach DIN EN ISO 17201-4 ist nicht kompatibel zur DIN ISO 9613-2. Allerdings kann in Anlehnung an die Vorgehensweise dieses Leitfadens mit der Definition von Teilersatzquellen und ihrer Ausbreitungsrechnung der Geschossknall mit betrachtet werden.

Der Geschossknall hat eine andere geometrische Dämpfung als der Mündungsknall. Seine ‚Divergenz‘, die beim Mündungsknall als Kugelschallquelle mit $\zeta = 2$ abstands- und richtungsunabhängig ist, liegt für schnelle Geschosse (Handwaffenklasse G, MG und, falls zutreffend, MP) mit einer Geschwindigkeit des Geschosses an der Mündung im Bereich von 700 m/s bis 1000 m/s im Nahbereich eher bei $\zeta = 1$ in typischen Abständen um 500 m eher bei $\zeta = 1,1$. Der Geschossknall ist in diesen Fällen eher eine Linienschallquelle. Bei langsamen Geschossen (Handwaffenklassen P und, falls zutreffend MP) mit einer Geschwindigkeit des Geschosses an der Mündung im Bereich von 450 m/s bis 350 m/s liegt die Divergenz im Nahbereich eher bei $\zeta = 1,5$. Sie ist stark abhängig von der Geschossgeschwindigkeit. Im Bereich von Geschwindigkeiten von 350 m/s gilt eher $\zeta = 2$; dort ist die Ausbreitung wieder mit einer stark nach vorne gerichteten Kugelschallquelle vergleichbar.

Im Regelfall kann der Geschossknall vernachlässigt werden, weil er mit charakteristischen Frequenzen von 2000 Hz bis 5000 Hz (vgl. DIN EN ISO 17201-4) durch die Baumumfassungsteile des Schießstandes massiv abgeschirmt wird und auf dem Ausbreitungsweg durch die Luftabsorption stark gedämpft wird.

Eine überschlägige Prognose des Geschossknalls für ausgewählte Immissionsorte des Beispiels nach Kapitel 7 wird in [22] dargestellt.

7 Beispiel

7.1 Einführung

Das Beispiel betrachtet einen Schuss in der Abstandszone Z150 in der Anschlagsart T mit einem Gewehr der Handwaffenklasse G. Die maßgebliche Schießentfernung beträgt nach Tabelle 21 50 m; die maßgebliche Höhe der Quelle nach Tabelle 1 beträgt 0,2 m. Diese Emissionssituation kommt als Teil einer bestimmungsgemäßen Betriebssituation regelmäßig auf einem A-Stand der Bundeswehr vor.

Anmerkung:

Die Darstellung der Anwendung des Schießstandquellmodells nach Kapitel 0 und des Schallausbreitungsmodells nach Kapitel 0 erfolgt hier ohne Detailtiefe. Folgende Ergänzungen zu der vorliegenden Darstellung sind beim Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr, Gesetzliche Schutzaufgaben, BAIUDBw GS II 2 anzufordern:

- 1. Berechnung der Ersatzquelle – Anwendung des Schießstandquellmodells in PROPPER® bei der Berechnung des Beispiels [20]*
- 2. Ermittlung der Messergebnisse – Dokumentation der Ermittlung der Vergleichswerte nach VDI 3745 Blatt 1 für das Beispiel [21]*
- 3. Überschlägige Prognose des Geschossknalls und des Mündungsknalls – Anwendung der DIN ISO 9613-2 in Verbindung mit der DIN EN ISO 17201 zur Pegelbestimmung in ausgewählten Immissionsorten im Beispiel [22]*
- 4. Berechnung der Einzelereignispegel – Anwendung des Schallausbreitungsmodells auf die Ersatzquelle des Beispiels [23]*
- 5. Testaufgaben und Empfindlichkeitsanalyse bei der numerischen Umsetzung des Schallausbreitungsmodells [24]*

7.2 Berechnung der Ersatzquelle – Anwendung des Schießstandquellmodells

7.2.1 Beschreibung der Emissionssituation

Betrachtet wird ein A-Stand mit dem Absicherungsgrad IV, vgl. Kapitel 3.2.2. Dieser Typ weist 10 Zielraumblenden in der Zielgelände­fläche bis 50 m und dann 8 weitere Blenden bis zur Abstandszone Z250 auf. Die Schallausbreitung innerhalb eines solchen A-Standes ist durch eine Vielzahl von Reflexionen und Beugungen geprägt.

Die Ersatzquelle wird mit dem Modul RANGER der bundeswehr-eigenen Software Suite PROPPER[®] berechnet. Das Modul RANGER ist dazu ausgelegt, die Schallausbreitung innerhalb einer komplexen Standortschießanlage zu berechnen. Es bildet das Verfahren zur Berechnung der Ersatzquelle ab, vgl. [20].

Der RANGER erfüllt die Testaufgabe nach DIN EN ISO 17201-3 als ‚sophisticated model‘ zur Berechnung der Ersatzquelle nach dieser Norm oberhalb von 100 Hz und damit für den immissionswirksamen Frequenzbereich des Mündungsknalls.

Soweit in diesem Modul vom Regelverfahren des Schießstandquellmodells abgewichen wird, wird das im Folgenden bzw. in der entsprechenden Beifügung dokumentiert und begründet.

Anmerkung

Die Software Suite PROPPER[®] dient dem Zweck, bauliche Schallschutzmaßnahmen auf einer Standort-schießanlage sachgerecht auszulegen und über Variantenvergleiche unter Umständen bauteilbezogen zu optimieren. Die Anforderungen an den RANGER folgen zunächst dieser Zielsetzung. Bei seiner Verwendung zur Berechnung der Ersatzquelle für den Schallimmissionsschutz führt die für die Bauplanung notwendige Berechnung häufig zu einem für den Immissionsschutz zu hohen Detaillierungsgrad der Ersatzquelle. Daraus folgen auch einige Abweichungen vom Regelverfahren des Schießstandquellmodells. Dies gilt auch für die Festlegung von Reflexions- und Dämpfungseigenschaften des Bodens und andere Bauteile.

7.2.2 Schießstand-Modell

Die Standortschießanlage besteht insgesamt aus mehr als einem A-Stand. Abbildung 20 zeigt die Standortschießanlage mit 3 parallelen A-Ständen und 4 links davon erkennbaren D-Ständen. Der im Beispiel betrachtete A-Stand ist der linke Stand (Absicherungsgrad IV). Der Stand rechts neben den drei A-Ständen ist ein nicht mehr genutzter Stand vom Typ C.

Die gesamte Standortschießanlage ist mit allen maßgeblichen Bauteilen in ein digitales Modell zur Berechnung der Ersatzquelle nach Kapitel 5.5 mit dem Programm RANGER aus der Programmsuite PROPPER[®] überführt worden. Die dabei verwendeten Bauteile entsprechen den geometrischen Anforderungen nach Kapitel 5.6.2. Die akustischen Eigenschaften der Bauteiloberflächen sind Tabelle 8 entnommen bzw. aus vorliegenden Messergebnissen von Messungen nach DIN CEN/TS 1793-5 übernommen worden.

Die Bauteile der gesamten Standortschießanlage liegen nach den Anforderungen des Schießstandquellmodells digital vor. Abbildung 20 (wie auch alle folgenden Visualisierungen des Rechenverfahrens im RANGER) zeigt die Anlage aus diesem Datenbestand. Die Abweichungen der digitalisierten Abmessungen und der Lage der Bauteile beträgt in der Regel weniger als 0,1 m. Der Schießstandkörper, der bei der Berechnung des Beispiels verwendet wurde, ist in Abbildung 20 als transparente gräuliche ‚Box‘ dargestellt.

Anmerkung

In Abbildung 20 ist zu erkennen, dass die D-Stände nicht eingeschlossen sind, weil sie keine signifikanten Rückwirkungen auf die Schallausbreitung bei der hier betrachteten Emissionssituation liefern.

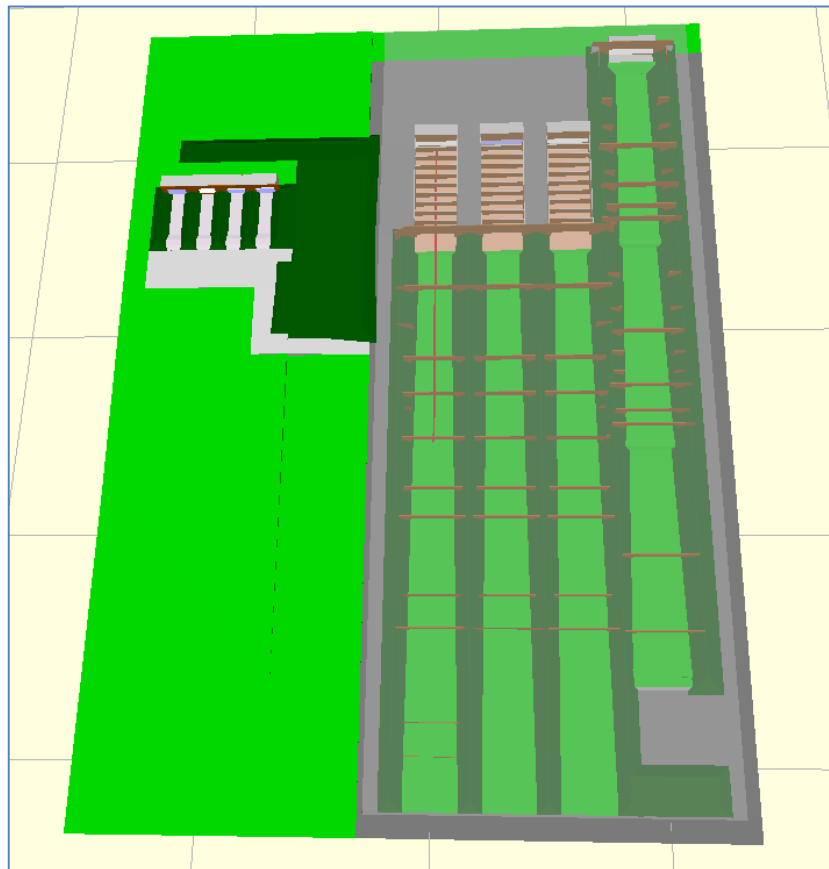


Abbildung 20 Gesamtanlage mit Schießstandkörper (grau) und Schusslinie (rot)

7.2.2.1 Strahlenverfolgung

Der RANGER rechnet intern mit Dreiecksstrahlen, so genannten ‚Zelten‘, die er von der Quelle bis zum Schießstandkörper unter Beachtung der allgemeinen Regeln der Strahlverfolgung (Ray-Tracing) verfolgt. Die Strahlen sind ‚dicht‘ im Dreidimensionalen; das heißt, der RANGER kann keine Schallwege ‚übersehen‘. Im Schießstandkörper wird grundsätzlich mit geraden Strahlen gerechnet (ruhender Luftkörper mit konstanten Kenngrößen).

Anmerkung

Dreiecksstrahlen bestehen aus einer Folge von Dreiecken. Eine Verbindung der Dreiecke durch Geraden zwischen den jeweils zusammengehörenden Eckpunkten ergibt einen Körper, der an die Form eines Zeltes erinnert. Deshalb werden Abschnitte von Dreiecksstrahlen im RANGER auch kurz Zelte genannt.

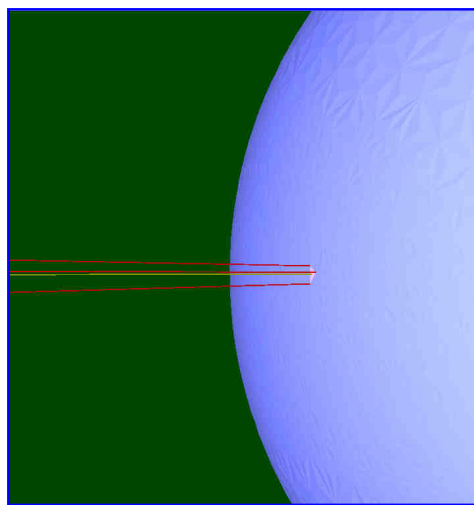


Abbildung 21 Triangulierung der Kugelschallquelle

Ausgangspunkt für die Strahlenverfolgung ist eine triangulierte, d. h. durch ein Netz von Dreiecken repräsentierte, Oberfläche der Kugelschallquelle des Mündungsknalls. Dabei werden auf der Kugeloberfläche die Dreiecksflächen mit Energiedichten gemäß der Richtcharakteristik der Handwaffenklasse G aus dem Merkblatt [15] belegt.

Die Strahlenverfolgung erfolgt in konstanten Zeitschritten von 0,01 s. Bei Reflexion und Beugung wird die Größe der Zelte dynamisch so angepasst, d. h. durch eine Aufteilung der Strahlen, vgl. Abbildung 22, die eine solche Strahlteilung exemplarisch zeigt. Zelte werden also mit sachgerechten Abmessungen verfolgt und die Bedingungen der Strahlenverfolgung (Die Strahlen sollen nicht wesentlich größer sein als die betrachtete Wellenlänge) insgesamt erfüllt. Auch nach einer Strahlteilung bleiben die Strahlenbündel ‚dicht‘.

Die Strahlenverfolgung ist wegen der dynamischen Strahlteilung, der Beugungs- und Streuphänomene abhängig von der Wellenlänge. Deshalb werden für das Beispiel Ersatzquellen für jede der zu betrachtenden Oktaven berechnet. Die sich ergebenden 8 spektralen Er-

1 satzquellen unterscheiden sich nicht nur in ihren energetischen Kenngrößen sondern auch in
2 ihrer Geometrie.

3 Im RANGER können Beugungsersatzquellen manuell gesetzt und Kanten nach Maßgabe ih-
4 rer Bedeutung für die jeweilige Quellposition dicht oder weniger dicht belegt werden. Abbil-
5 dung 23 zeigt die Zuordnung von Beugungsersatzquellen in der Zielgelände-
6 fläche.

7 Bei der Berücksichtigung der Streuung wird mehr als eine Streuersatzquelle berücksichtigt.
8 Diese Streuenergie wird entgegen proportional zur jeweiligen Energiedichte der Zelte auf die
9 Originalquelle, sowie auf die Beugungsersatzquellen aufgeteilt, bevor diese weiter verfolgt
10 werden.

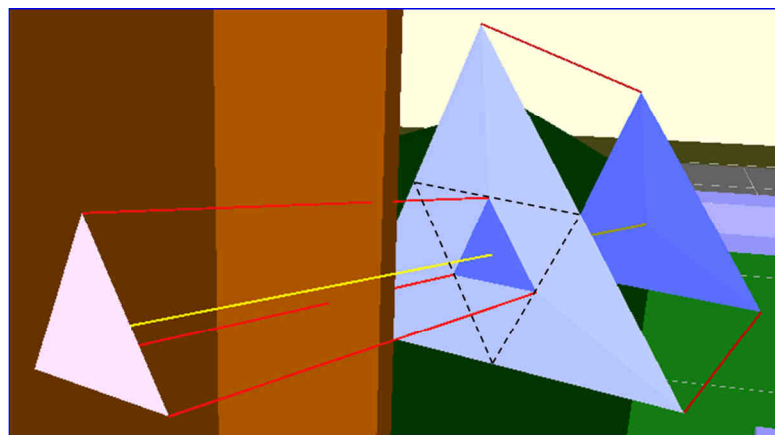


Abbildung 22 Dynamische Strahlaufteilung an einer Kante

12 Während der Strahlverfolgung wird die Luftabsorption oder die Absorption in teildurchlässi-
13 gen Absorberelementen direkt berücksichtigt.

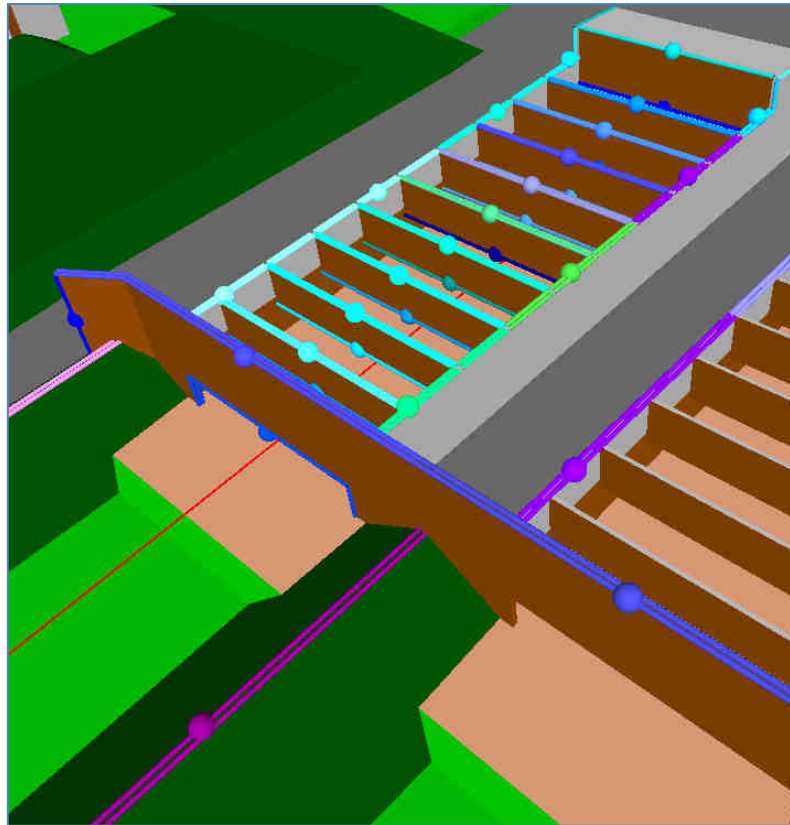


Abbildung 23 Zuordnung einzelner Kantensegmente zu Beugungsersatzquellen

Im RANGER werden Mehrfachbeugungen – beispielsweise die Beugung an der Unterkante einer Blende und danach am seitlichen Wall - dadurch berücksichtigt, dass für die Beugungsersatzquellen wiederum eine Strahlenverfolgung nach den gleichen Regeln durchgeführt wird. Dieses Vorgehen wird wählbar oft wiederholt, bis in einem letzten Schritt keine erneute Beugung mehr berücksichtigt wird.

7.2.2.2 Ersatzquelle

Zur Bildung der (spektralen) RANGER-Ersatzquelle werden die Zelte, deren Mittelpunktstrahl den Schießstandkörper durchstoßen mit Angaben zu ihrer Laufzeit und ihrer Energie gespeichert. Aus diesen Angaben, dem Ort und der Richtung des Zeltes werden die Kenngrößen der Teilersatzquellen nach Tabelle 7 gebildet.

Abbildung 24 zeigt die Zelte beim Verlassen des Schießstandkörpers für eine spektrale Ersatzquelle.

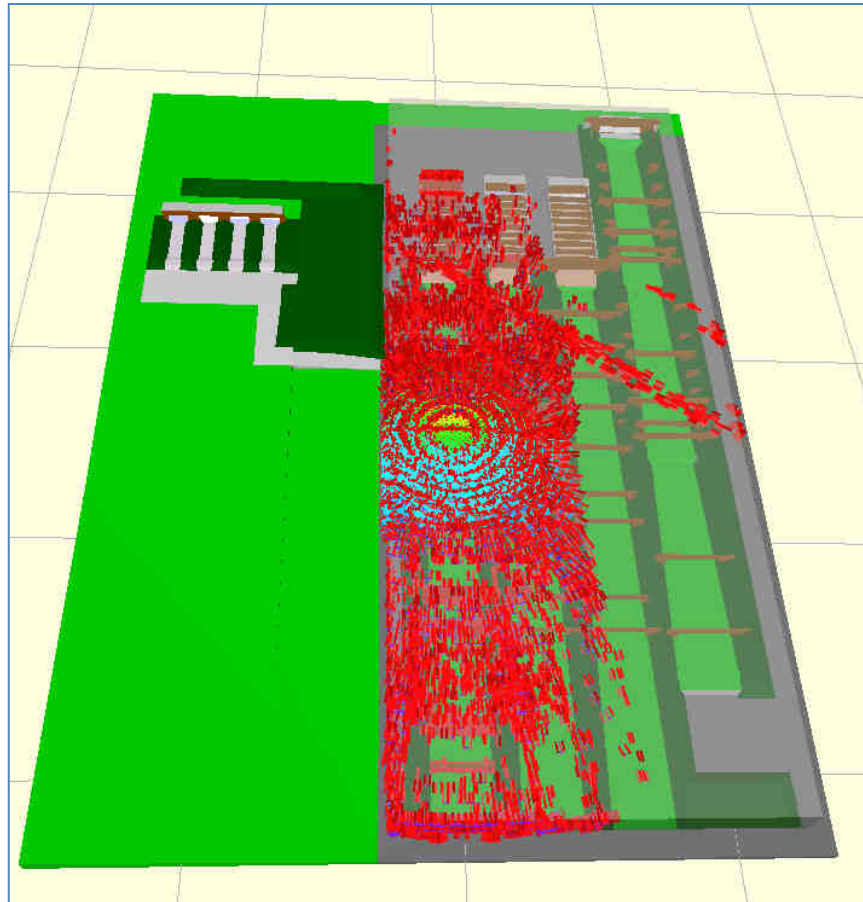


Abbildung 24 Darstellung der Zelte, die nach Anwendung des Schießstandquellmodells bei diesem Beispiel auf dem Schießstandkörper als Grundlage für die Bildung der Teilersatzquellen dienen

7.2.3 Unsicherheit des RANGER-Verfahrens

Die Unsicherheit des RANGER-Verfahrens ist gemäß 5.6.7 durch die Abweichung der Ergebnisse der Nachrechnung der Testaufgaben für ‚sophisticated models‘ in der DIN EN ISO 17201-3 von den dort angegebenen Referenzwerten abzuschätzen.

Für 100 Hz führt das RANGER-Modell (im Vergleich zum Referenzmodell) im Durchschnitt zu einer Überschätzung von 4,8 dB bei einer mittleren Standardabweichung von 4,5 dB.

Für 200 Hz führt das RANGER-Modell (im Vergleich zum Referenzmodell) im Durchschnitt zu einer Überschätzung von 0,8 dB bei einer mittleren Standardabweichung von 4,6 dB.

Anmerkung

Die Referenzwerte der Testaufgabe wurden mit einer ‚Boundary-Element-Methode‘ (BEM) ermittelt. Diese Methode prognostiziert die Feldgrößen des Schalls, hier den Schalldruck. Im Vergleich zum RANGER, der die Ausbreitung von Energiepakete durch eine Strahlenverfolgung bestimmt, sind Abweichungen bei tiefen Frequenzen, hier bei der Testfrequenz 100 Hz, modellbedingt zu erwarten. Für höhere Frequenzen verschwindet diese Unsicherheit und ist bereits bei 200 Hz im Mittel nicht mehr signifikant. Die Standardabweichungen in der Größenordnung von 5 dB sind eine Konsequenz von lokalen Interferenzen im Schalldruck, die bei einem Energiemodell nicht auftreten können.

Schießgeräuschen von Handwaffen sind durch Frequenzkomponenten geprägt, für die die systematischen Unsicherheiten eines Strahlenmodells nicht relevant sind.

7.3 Berechnung der Schallausbreitung

7.3.1.1 Nachbereitung der RANGER-Ersatzquellen

PROPPER[®] ist eine Programm Suite, die zunächst das Ziel verfolgt, bauliche Schallschutzmaßnahmen auf StOSchAnl sachgerecht auszulegen. Für dieses Ziel ist eine sehr detaillierte Abbildung der Aufbauten einer StOSchAnl erforderlich mit der Folge, dass die jeweils für die 8 maßgeblichen Oktaven des Schallausbreitungsmodells berechneten Ersatzquellen in eine einzige Ersatzquelle mit sachgerecht reduzierter Anzahl von Teilersatzquellen zusammengeführt werden müssen.

Für die Verwendung einer Ausbreitungsrechnung nach den Regeln von Kapitel 5.7 wird die Anzahl der Teilersatzquellen in zwei Schritten reduziert: Im ersten Schritt wird die Relevanz der Teilersatzquellen für die für den Schallimmissionsschutz wesentliche Nachbarschaft zur Reduzierung ausgenutzt. Im zweiten Schritt führt ein Pegelkriterium für den immissionswirksamen Schallleistungspegel zu einer weiteren zweckorientierten Reduzierung.

Die Verteilung des immissionswirksamen Schallleistungspegels der verbleibenden Teilersatzquellen ist in Abbildung 25 dargestellt.

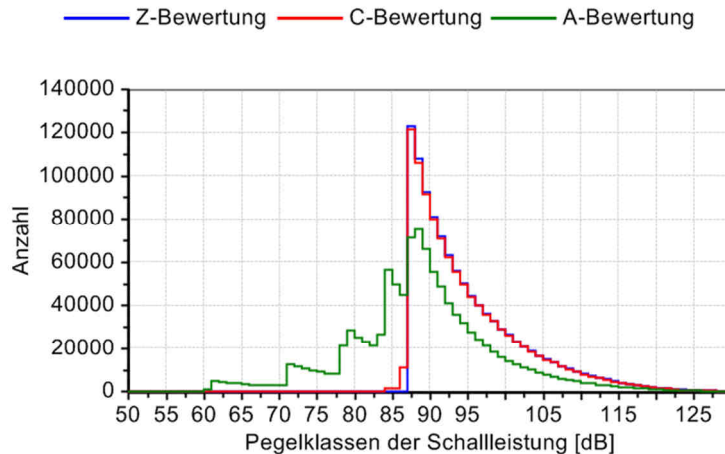


Abbildung 25 Anzahl der Teilersatzquellen in 1-dB-Klassen des immissionswirksamen Schallleistungspegels für die Ersatzquelle

Die so ermittelte Ersatzquelle ist Ausgangspunkt für die Berechnungen der Immissionspegel mit dem Programm „ShoMo17201“, das die Schallausbreitungsrechnung nach Kapitel 5.7 numerisch umsetzt.

Anmerkung

ShoMo17201 ist ein Programm der Bundeswehr, das für die Umsetzung der Schallausbreitungsverfahren nach Kapitel 5.7 entwickelt wurde. Testaufgaben und eine Empfindlichkeitsanalyse werden in [24] vorgestellt.

7.3.2 Ergebnisse für die Immissionspegel in den Immissionsorten

Die Ergebnisse der Berechnung der Schallausbreitung sind in Tabelle 12 für 4 Immissionsorte zusammengefasst.

	1	2	3	4	5	6
1	Immissionsort	x	y	z	L_{AFmax}	L_{Aeq}
2		m	m	m	dB	dB
3	IO1	50	-250	4	74,2	66,3
4	IO2	50	-500	4	67,2	60,0
5	IO3	175	-217	4	74,0	66,3
6	IO4	267	-125	4	76,9	70,6

Tabelle 12 Ergebnisse der Prognose nach dem Schallausbreitungsmodell für den L_{AFmax} und den L_{Aeq}

Zur Dokumentation der Bestimmung des L_{AFmax} aus dem zeitlichen Verlauf des L_{AF} dient exemplarisch Abbildung 26. Der L_{Aeq} entspricht der Fläche unter der Kurve des L_{AF} .

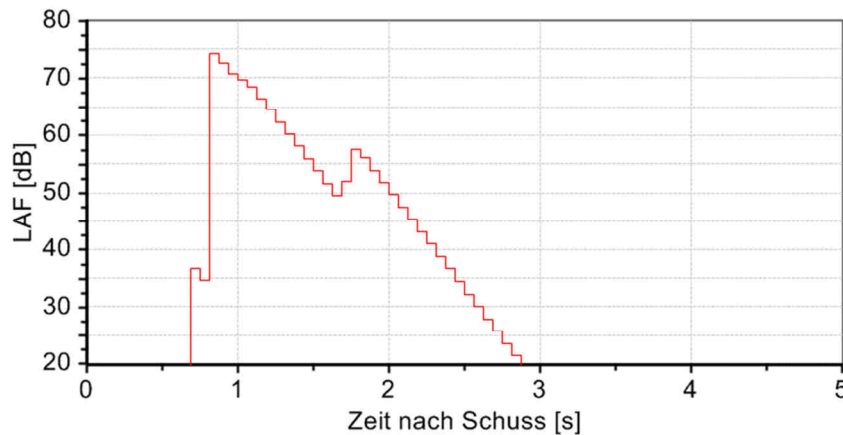


Abbildung 26 L_{AF} am Immissionsort IO1

7.3.3 Unsicherheit der Immissionspegel nach dem Schallausbreitungsmodell

Im Vergleich zu der gegebenen Unsicherheit der Prognoserechnung nach DIN ISO 9613-2 ist die durch die im Rahmen dieses Leitfadens besondere Schallausbreitungsrechnung hinzugefügte Unsicherheit zu vernachlässigen: Sie kann mit $\pm 0,2$ dB abgeschätzt werden.

Anmerkung

Die Ableitung der Schätzung Unsicherheit aus einer Empfindlichkeitsanalyse ist zusammen mit Testaufgaben für das Schallausbreitungsmodell in [24] verfügbar.

7.4 Vergleich mit Messungen nach VDI 3745 Blatt 1

7.4.1 Dokumentation der Messung

7.4.1.1 Beschreibung der Messung

Für die in Kapitel 7.1 beschriebene Emissionssituation liegen Immissionsmessungen in der Nachbarschaft einer Standortschießanlage der Bundeswehr nach VDI 3745 Blatt 1 vor. Die Schießstände der Standortschießanlage, die in Abbildung 20 als Modell dargestellt ist, sind nach Norden ausgerichtet.

Die im Folgenden angegebenen Messwerte sind durch eine gesteuerte Messung einer hinreichend großen Anzahl von Einzelereignisse in vier unabhängigen Messungen unter Beachtung aller Anforderungen der VDI 3745 Blatt 1 (an die Messkette, an die Schallausbreitungssituation, an die Auswertung und an die Dokumentation) ermittelt worden.

Die ausgewählten Immissionsorte sind in Abbildung 27 eingezeichnet. Sie liegen auf Messkreisen um den Punkt ($x = 50 \text{ m}$, $y = 0 \text{ m}$), den Mittelpunkt der Blende Z10, die das Ende der Zielgelände fläche markiert. Das Gelände steigt in westlicher Richtung, also in Richtung der Messpunkte, an

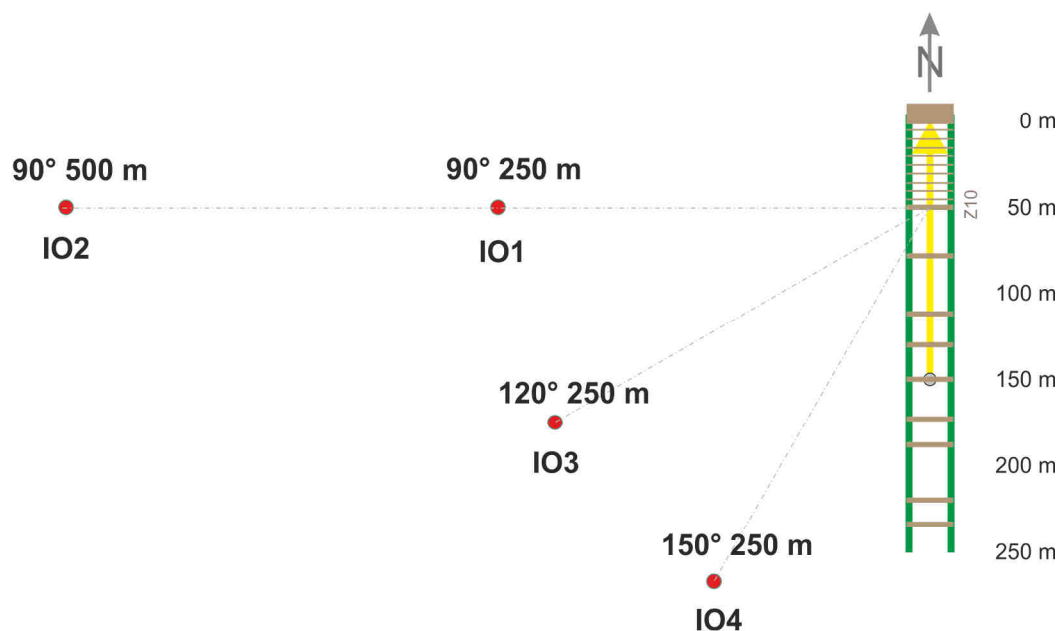


Abbildung 27 Lage der Immissionsorte

7.4.1.2 Messergebnisse

In Tabelle 13 sind der mittlere Einzelschusspegel $L_{m,k}$ (L_{AFmax}) und der einseitige obere Vertrauensbereich (90%) nach VDI 3745 Blatt 1 angegeben

Anmerkung

Die Pegelwerte zeigen in erster Näherung eine Normalverteilung. Deshalb reicht nach VDI 3745 Blatt 1 die Angabe des einseitigen oberen Vertrauensbereichs, der nach DIN 45641 zu ermitteln ist.

In den beiden Zeilen 1 und 2 der Tabelle 13 ist der Immissionsort durch seine Kurzbezeichnung (Zeile 1) bzw. durch seine Lage relativ mit Mittelpunkt der Blende Z10 angegeben. Die Zeilen geben die Koordinaten der Immissionsorte im Schießstandbezugssystem, also relativ mit Zielpunkt an.

	1	2	3	4	5
1	Immissionsort	IO1	IO2	IO3	IO4
2		90° West 250 m	90° West 500 m	120° West 250 m	150° West 250 m
3	x	50 m	50 m	175 m	267 m
4	y	-250 m	-500 m	-217 m	-125 m
5	z	4 m	4 m	4 m	4 m
6	L_{AFmax}	73,0 dB	68,1 dB	71,5 dB	75,4 dB
7	L_{090}	73,7 dB	68,8 dB	71,9 dB	76,0 dB

Tabelle 13 Mittlere Einzelschusspegel (Zeile 6) und einseitiger oberer Vertrauensbereich (Zeile 7) in den Immissionsorten

7.4.2 Vergleich zwischen Prognose und Messung

Tabelle 14 zeigt die Gegenüberstellung der Messwerte mit den Prognosewerten.

	1	2	3	4	5
1	Immissionsort	IO1	IO2	IO3	IO4
2		90° West 250 m	90° West 500 m	120° West 250 m	150° West 250 m
3	x	50 m	50 m	175 m	267 m
4	y	-250 m	-500 m	-217 m	-125 m
5	z	4 m	4 m	4 m	4 m
6	Messung L_{AFmax}	73,0 dB	68,1 dB	71,5 dB	75,4 dB
7	Prognose L_{AFmax}	74,7 dB	67,8 dB	74,5 dB	78,2 dB

Tabelle 14 Gegenüberstellung von Messung und Prognose (ebenes Gelände)

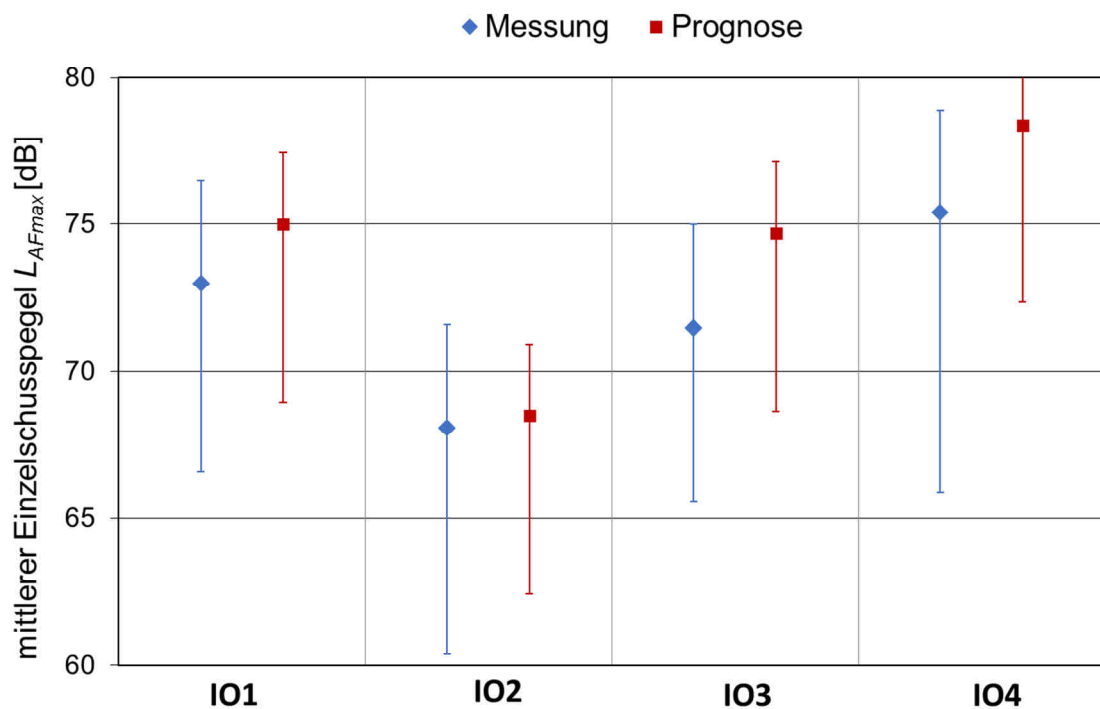
Da das Gelände im Messbeispiel nicht eben ist sondern von der StOSchAnl in Richtung Westen leicht ansteigt, werden für eine ergänzende Betrachtung die Höhen der Immissionsorte auf z_{eff} = lokale Geländehöhe + 4 m angehoben und die Pegel neu berechnet.

- 1 Bei Anheben der Höhe des Immissionsort IO1 auf steigt der Maximalpegel um 0,3 dB auf
2 74,5 dB, im IO2 um 0,9 dB auf 68,1 dB, im IO3 um 0,1 dB auf 74,1 dB und im IO4 um
3 0,1 dB auf 77,0 dB, vgl. Tabelle 15.

	1	2	3	4	5
1	Immissionsort	IO1	IO2	IO3	IO4
2		90° West 250 m	90° West 500 m	120° West 250 m	150° West 250 m
3	x	50 m	50 m	175 m	267 m
4	y	-250 m	-500 m	-217 m	-125 m
5	z_{eff}	5 m + 4 m	14 m + 4 m	4 m + 4 m	2 m + 4 m
6	Messung L_{AFmax}	73,0 dB	68,1 dB	71,5 dB	75,4 dB
7	Prognose L_{AFmax}	75,0 dB	68,5 dB	74,7 dB	78,4 dB

4 Tabelle 15 Gegenüberstellung von Messung und Prognose (Gelände)

- 5 Zum Vergleich von Messung und Prognose müssen zusätzlich die Vertrauensbereiche berück-
6 sichtigt werden. Abbildung 28 zeigt die hinreichende Überstimmung von Messung und der
7 unter Verwendung des akustischen Ersatzmodells ermittelten Prognose.



8 Abbildung 28 Vergleich von Messung und Prognose unter Berücksichtigung der Vertrauensbereiche
9 Grundlage der Prognose sind die Werte nach Tabelle 15 (Gelände)
10

1 8 Verzeichnisse

2 8.1 Symbole und Einheiten

a_0	dB	Koeffizient 0-ter Ordnung, Cosinus-Entwicklung der Richtcharakteristik (DIN EN ISO 17201-1)
A	dB	Dämpfungsterm (DIN ISO 9613-2)
A_{atm}	dB	Luftabsorption (DIN ISO 9613-2)
A_{div}	dB	geometrische Ausbreitung (DIN ISO 9613-2)
A_f	dB	Korrektur der A-Bewertung für das Frequenzband f (DIN ISO 9613-2)
A_{fol}	dB	Zusatzdämpfung durch Bewuchs (DIN ISO 9613-2)
A_{gr}	dB	Bodeneffekt (DIN ISO 9613-2)
A_{hous}	dB	Zusatzdämpfung durch Gebäude (DIN ISO 9613-2)
A_s	dB	Bodeneffekt nahe der Quelle (DIN ISO 9613-2)
A_r	dB	Bodeneffekt nahe dem Aufpunkt (DIN ISO 9613-2)
A_m	dB	Bodeneffekt unter dem Schallstrahl (DIN ISO 9613-2)
A_{bar}	dB	Abschirmung (DIN ISO 9613-2)
A_{misc}	dB	Dämpfung durch verschiedene andere Effekte (DIN ISO 9613-2)
A_{site}	dB	Zusatzdämpfung durch Industriegebäude (DIN ISO 9613-2)
A_z	dB	Korrektur des Schalldruckpegels auf gegebene Umgebungsbedingungen (DIN EN ISO 17201)
α	dB/km	Luftabsorptionskoeffizient (DIN ISO 9613-2)
c_0	m/s	Schallgeschwindigkeit $c_0 = 340$ m/s
C_+	-	Kreis durch P_s und dem Schnittpunkt der oberen Begrenzungslinie des Raumwinkels der Teilersatzquelle mit der Ausbreitungsebene der Ausbreitungssituation
C_-	-	Kreis durch P_s und dem Schnittpunkt der unteren Begrenzungslinie des Raumwinkels der Teilersatzquelle mit der Ausbreitungsebene der Ausbreitungssituation
C_{met}	-	Meteorologische Korrektur (DIN ISO 9613-2)
C'_{met}	-	Meteorologische Korrektur bestimmt über eine Pegelstatistik
D	m	Abstand zwischen Quellort und Aufpunkt (DIN ISO 9613-2)
d_n	m	Abstand zwischen Quellort der Teilersatzquelle n und dem Aufpunkt
d_0	m	Bezugsabstand $d_0 = 1$ m (DIN ISO 9613-2)
D_C	dB	Richtwirkungskorrektur (DIN ISO 9613-2)
D_{refl}	dB	Energie-Reflexionsdämpfungsmaß
D_{csat}	dB	Energie-Streuungsmaß
D_{vol}	dB	Energie-Durchgangsdämpfungsmaß
θ_R	rad	Ausfallswinkel eines Strahls bei der Beugung
θ_S	rad	Einfallswinkel des Strahls bei der Beugung
E	Pa ² s	Exposition
E_0	J	Bezugsexposition = $400 \cdot 10^{-12}$ Pa ² s
ε	°	Horizontalwinkel, Winkel relativ zur Ebene $y = 0$
ε_{dir}	°	Exzentrizität des Mündungsknalls
ε_S	°	Horizontalwinkel der Teilersatzquelle S
$\varepsilon_{s\Delta}$	°	Horizontaler Öffnungswinkel einer Teilersatzquelle S
f	1	Index eines Frequenzband
ϕ	°	Winkel relativ zur Schießrichtung (in DIN EN ISO 17201 mit α bezeichnet)
η	°	Vertikalwinkel, Winkel relativ zur Ebene $z = 0$
η_S	°	Vertikalwinkel der Teilersatzquelle S
$\eta_{s\Delta}$	°	Vertikaler Öffnungswinkel einer Teilersatzquelle S
g	dB	Index der Beurteilungszeit
L_{AFmax}	dB	Fast- und A-bewerteter Maximalpegel (in der Ereignisdauer)
L_{ATn}	dB	äquivalenter A-bewerteter Dauerschallpegel unter Mitwind der Teilersatzquelle n
L_{AFv}	dB	A-bewerteter Klassenpegel der Zeitklasse v
L'_{AFv}	dB	Fast- und A-bewerteter Klassenpegel der Zeitklasse v
L_E	dB	Expositionspegel
$L_{E,1m}$	dB	Expositionspegel in 1 m Abstand
$L_{fT}(DW)W$	dB	äquivalenter Oktavband-Dauerschallpegel bei Mitwind (DIN ISO 9613-2)

L_q	dB	Quellenerg40iepegel (DIN EN ISO 17201-1)
L_m	dB	mittlerer Einzelschusspegel (VDI 3745 Blatt 1)
L_r	dB	Beurteilungspegel (VDI 3745 Blatt 1)
$L_{ref}(LW)$	dB	Langzeitmittelungspegel einer Referenzquelle
$L_{ref}(MS)$	dB	Langzeitmittelungspegel einer Referenzquelle unter Messbedingungen der VDI 3745 Blatt 1
L_W	dB	Schallleistungspegel (DIN ISO 9613-2)
m	1	Index einer Teiloriginalquelle in der Liste von Teiloriginalquellen einer Originalquelle
M	1	Anzahl der Teiloriginalquellen
n	1	Index einer Teilersatzquelle in der Liste von Teilersatzquellen einer Ersatzquelle
N	1	Anzahl von Teilersatzquellen einer Ersatzquelle
ν_0	Hz	Bezugsfrequenz = 1 Hz
ν_f	Hz	Mittelfrequenz des Frequenzbandes mit dem Index f
O_f	dB	Relativer Oktavpegel nach [15]
P	Pa	Schalldruck (Momentanwert)
P_I	m	Immissionsort bzw. Aufpunkt
P_M	m	Maßgeblicher Emissionsort (Ort der Waffenmündung)
P_S	m	Orte der Teilersatzquelle S
Q	J	Schallenergie
Q_0	J	Bezugsenergie = 10^{-12} J
S	1	Index für eine allgemeine Teilersatzquelle
T	s	Zeit
t_s	s	Zeitverzögerung der Teilersatzquelle S
t_n	s	Zeitverzögerung der Teilersatzquelle n in der Liste der Teilersatzquellen
$t_{I,n}$	s	Eintreffzeit des Beitrags der Teilersatzquelle n bei P_I
T_E	s	Ereignisdauer
τ_I	s	Zeitdifferenz zwischen der Eintreffzeit einer Teilersatzquelle und der Eintreffzeit des ersten Beitrag am Immissionsort
$\tau_{I,n}$	s	Zeitdifferenz zwischen der Eintreffzeit einer Teilersatzquelle n und der Eintreffzeit des ersten Beitrag am Immissionsort
ϑ_R	rad	Ausfallswinkel eines Strahls bei der Beugung
ϑ_S	rad	Einfallswinkel des Strahls bei der Beugung
ν	1	Index einer Zeitklasse
V	1	Anzahl der Zeitklassen
x	m	Koordinate des Schießstandbezugssystem (entgegen der Schießrichtung)
x_I	m	x-Koordinate des Immissionsortes
x_M	m	x-Koordinate des maßgeblichen Emissionsortes
x_S	m	x-Koordinate der Teilersatzquelle
ζ	1	Divergenz (negativer Exponent des Abstandes bei geometrischen Schallausbreitung)
Y	m	Koordinate des Schießstandbezugssystem (seitlich zur Schießrichtung)
y_I	m	y-Koordinate des Immissionsortes
y_M	m	y-Koordinate des maßgeblichen Emissionsortes
y_S	m	y-Koordinate der Teilersatzquelle
z	m	Koordinate des Schießstandbezugssystem (Höhe über Schießstandbezugsebene)
z_{eff}	m	z-Koordinate des Immissionsortes unter Berücksichtigung des Geländes
z_I	m	z-Koordinate des Immissionsortes
z_M	m	z-Koordinate des maßgeblichen Emissionsortes
z_S	m	z-Koordinate der Teilersatzquelle

1 8.2 Abkürzungen

BAIUDbw	Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr
BB	Berlin Brandenburg
BE	Berlin
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMVg	Bundesministerium der Verteidigung
BS	Betriebssituation
Bw	Bundeswehr
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CEN	Europäisches Komitee für Normung
DAGA	Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Akustik
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
FDIS	Vornorm einer ISO Norm
G	Gewehr
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
HB	Hansestadt Bremen
HE	Hessen
HdWa	Handwaffen
HH	Hansestadt Hamburg
ISO	International Organization for Standardization
LMR	Lärmmanagementrichtlinie der Bundeswehr
locBase	Schießanlagendatenbank der Bundeswehr
MG	Maschinengewehr
MisData	Management und Informationssystem für Schießplätze
MP	Maschinenpistole
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
nSAK HdWa	Schießausbildungskonzept für Handwaffen
ÖrABw	Öffentlich-rechtliche Aufsicht der Bundeswehr
P	Pistole
RP	Rheinland-Pfalz
SaStOSchAnl	Sammelstandortschießanlage
SchaMa	Programm zur Auslegung von baulichen Schallschutzmaßnahmen auf Schießplätzen
SBE	Schießstandbezugsebene
SBP	Schießplatzbezugspunkt
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
StOSchAnl	Schießplatz der Bundeswehr für Handwaffen
StÜbPl	Standortübungsplatz
TH	Thüringen
TrÜbPl	Truppenübungsplatz
TS	Technical Specification (Art einer Vornorm)
UTM	Universal Transverse Mercator
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
wafBase	Waffendatenbank der Bundeswehr in MisData
WGS84	World Geographic System 1984
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WTD91	Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition 91 in Meppen
ZDv	Zentrale Dienstvorschrift der Bundeswehr
ZEE	Zieleinrichtungsebene

8.3 Verweise auf weiterführende Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist. Stand: Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274, Geändert durch Art. 1 G v. 2.7.2013 I 1943, Berichtigung v. 7.10.2013 I 3753 ist berücksichtigt
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm vom 26. August 1998. GMBL.
- [3] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) – 4. BImSchV, in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973, 3756).
- [4] DIN 45687: „Akustik — Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmissionen im Freien — Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen“.
- [5] „Richtlinie für das Lärmmanagement auf Schießplätzen (Lärmmanagementrichtlinie - LMR)“, Bundesministerium der Verteidigung, Erlass 2007.
- [6] „Ermittlung von Geräuschimmissionen“, Anlage 2 zur „Richtlinie für das Lärmmanagement auf Schießplätzen (Lärmmanagementrichtlinie - LMR)“, Bundesministerium der Verteidigung, Erlass 2007 (Der Erlass selbst umfasst diese Anlage nicht. Dies soll bei der nächsten Änderung des Erlasses korrigiert werden.).
- [7] Hirsch, K.-W.: „Zur Vorausberechnung von Schießgeräuschen mit der Norm DIN ISO 9613“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 2013, Nr. 3, Mai.
- [8] Hirsch, K.-W.; Bertels, W.: “Estimation Of The Directivity Pattern Of Muzzle Blasts”. Fortschritte der Akustik, DAGA 2013, Meran
- [9] Bertels, W. „Prognose der Richtcharakteristik von Rohrwaffen“, interne Kommunikation, WTD91 GF530, Lärm-Messstelle der Bw, 2013
- [10] DIN CEN/TS 1793-5:2003-08: Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 5: Produktspezifische Merkmale; In-situ-Werte der Schallreflexion und der Luftschalldämmung; Deutsche Fassung CEN/TS 1793-5:2003

-
- 1 [11] Hirsch, K.-W., Zangers, J.: Ray-Tracing in a 3-D Wind Field for Prediction Purposes
2 of Shooting Noise, Part I., Fortschritte der Akustik, DAGA 2004, Straßburg
- 3 [12] Zangers, J., Hirsch, K.-W.: Ray-Tracing in a 3-D Wind Field for Prediction Purposes
4 of Shooting Noise, Part II. Fortschritte der Akustik, DAGA 2004, Straßburg
- 5 [13] Zangers, J., Hirsch, K.-W.: Ray-Tracing in einem 3-D Wind-Vektor-Feld zur
6 Vorhersage von Schießlärm. Fortschritte der Akustik, DAGA 2005, München
- 7 [14] Zangers, J., Hirsch, K.-W.: Eine 3D-Ersatzschallquelle für komplexe Schießstände.
8 DAGA 2007: Fortschritte der Akustik, 2007
- 9 [15] Merkblatt Akustischen Quelldaten für die Handwaffenklassen Gewehr G, Pistole P,
10 Maschinengewehr MG und Maschinenpistole MP, Herausgeber Bundesamt für
11 Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleitungen der Bundeswehr – BAIUDBw,
12 GS II 2, Kennung LeitGeStand-Waf
- 13 [16] Hirsch, K.-W., Hammelmann, F.: Reflexionen in der DIN ISO 9613-2 - Wann ist ein
14 Objekt „senkrecht“?, Fortschritte der Akustik, DAGA 2014, Oldenburg
- 15 [17] Svensson, U.P., Fred, R.I., Vanderkooy, J.: An analytic secondary source model of
16 edge diffraction impulse response. s.l. : J. Acoust. Soc. Am 106 (5), November 1999
- 17 [18] Svensson, U.P.: Numerical aspects of edge diffraction impulse response : Acoust. Sci.
18 & Tech. 26, 2 (2005)
- 19 [19] IEC 61672-1-2002, Electroacoustics – Sound Level Meters – Part 1: Specifications,
20 Herausgeber Internationale Elektrotechnische Kommission, 2002
- 21 [20] Berechnung der Ersatzquelle – Anwendung des Schießstandquellmodells in
22 PROPPER® bei der Berechnung des Beispiels, Ergänzung zum Leitfaden für die
23 Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber BAIUDBw GS
24 II 2, Kennung LeitGeStand-Prop
- 25 [21] Ermittlung der Messergebnisse – Dokumentation der Ermittlung der Vergleichswerte
26 nach VDI 3745 Blatt 1 für das Beispiel, Ergänzung zum Leitfaden für die
27 Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber BAIUDBw GS
28 II 2, Kennung LeitGeStand-Mess

-
- 1 [22] Überschlägige Prognose des Geschossknalls und des Mündungsknalls – Anwendung
2 der DIN ISO 9613-2 in Verbindung mit der DIN EN ISO 17201 zur Pegelbestimmung
3 in ausgewählten Immissionsorten des Beispiels, Ergänzung zum Leitfaden für die
4 Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber BAIUDBw GS
5 II 2, Kennung LeitGeStand-ÜP
- 6 [23] Berechnung der Einzelereignispegels – Anwendung des Schallausbreitungsmodells
7 auf die Ersatzquelle des Beispiels, Ergänzung zum Leitfaden für die Genehmigung
8 von Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber BAIUDBw GS II 2, Kennung
9 LeitGeStand-Mod
- 10 [24] Testaufgaben und Empfindlichkeitsanalyse - Numerische Umsetzung des
11 Schallausbreitungsmodells, Ergänzung zum Leitfaden für die Genehmigung von
12 Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber BAIUDBw GS II 2, Kennung
13 LeitGeStand-Test
- 14 [25] Hirsch, K.-W.: „Grundlagen und Anwendungen des Schallwetters“, Zeitschrift für
15 Lärmbekämpfung, Bd 9 (2014) Nr. 6, November
- 16 [26] Hirsch, K.-W.: „Meteorologische Korrekturen - Ermittlung auf der Grundlage einer
17 Pegelstatistik“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2015, Nürnberg
- 18

8.4 Abbildungen

Abbildung 1	Übersicht über die Schießanlagen der Bundeswehr für Handwaffen (Stand 10/2012, ohne Gewähr).....	4
Abbildung 2	Schießstand Typ A 250m mit Absicherungsgrad I.....	12
Abbildung 3	Schießstand Typ A 250 m mit Absicherungsgrad IV (in Schussrichtung gestaucht dargestellt).....	12
Abbildung 4	Schießstand Typ D 25 m mit Absicherungsgrad I.....	13
Abbildung 5	Skizze zum Bezugssystem im Schießstandtyp A, Darstellung in der Schießstandmittelebene Schießrichtung von links nach rechts Absicherungsgrad IV	14
Abbildung 6	Skizze zum Bezugssystem im Schießstandtyp D, Darstellung in der Schießstandmittelebene Schießrichtung von links nach rechts.....	15
Abbildung 7	Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Helligkeitsschießen	19
Abbildung 8	Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Helligkeitsschießen	20
Abbildung 9	Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem A-Stand, Dunkelheitsschießen	21
Abbildung 10	Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen	21
Abbildung 11	Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Helligkeitsschießen	23
Abbildung 12	Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Helligkeitsschießen	23
Abbildung 13	Relative Verteilung der Schusszahlen auf die Abstandszonen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen	24
Abbildung 14	Relative Verteilung der Anschlagklassen bei der Annahme einer gleich häufigen Nutzung der Betriebssituationen auf einem D-Stand, Dunkelheitsschießen	25
Abbildung 15	Skizze eines Schießstandes mit grundlegenden Elementen und Kennzeichnung der geometrischen Eigenschaften einer Teilersatzquelle ...	42
Abbildung 16	Zur Definition der Winkel bei der Beugung oben: Kante K mit den sie bildenden Flächen des Grundkörpers, Beugungsersatzquelle B mit dem ihr zugeordneten Bereich der Kante, dem einfallenden Strahl und einem ausfallenden Strahl unten links: Aufsicht unten rechts: Schnitt quer zur Kante	53

1	Abbildung 17	Horizontaler Schnitt der Ausbreitungssituation.....	57
2	Abbildung 18	Vertikaler Schnitt der Ausbreitungssituation.....	58
3	Abbildung 19	Abstandsabhängigkeit der meteorologischen Korrektur nach [24] für die	
4		Richtungen Norden (links) und Süden (rechts).....	62
5	Abbildung 20	Gesamtanlage mit Schießstandkörper (grau) und Schusslinie (rot).....	73
6	Abbildung 21	Triangulierung der Kugelschallquelle	74
7	Abbildung 22	Dynamische Strahlaufteilung an einer Kante	75
8	Abbildung 23	Zuordnung einzelner Kantensegmente zu Beugungsersatzquellen.....	76
9	Abbildung 24	Darstellung der Zelte, die nach Anwendung des Schießstandquellmodells bei	
10		diesem Beispiel auf dem Schießstandkörper als Grundlage für die Bildung	
11		der Teilersatzquellen dienen.....	77
12	Abbildung 25	Anzahl der Teilersatzquellen in 1-dB-Klassen des immissionswirksamen	
13		Schallleistungspegels für die Ersatzquelle	78
14	Abbildung 26	L_{AF} am Immissionsort IO1.....	79
15	Abbildung 27	Lage der Immissionsorte.....	80
16	Abbildung 28	Vergleich von Messung und Prognose unter Berücksichtigung der	
17		Vertrauensbereiche Grundlage der Prognose sind die Werte nach Tabelle 15	
18		(Gelände).....	82
19			

8.5 Tabellen

Tabelle 1	Klassierung der Anschlagsarten.....	15
Tabelle 2	Einteilung der Abstandszonen auf einem Schießstand (soweit zutreffend) mit Angabe des maßgeblichen Abstandes. Die Abstände sind x-Werte im Schießstandbezugssystem.	16
Tabelle 3	Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem A-Stand bei Helligkeit...	19
Tabelle 4	Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem A-Stand bei Dunkelheit.	20
Tabelle 5	Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem D-Stand bei Helligkeit...	22
Tabelle 6	Bestimmungsgemäße Betriebszustände auf einem D-Stand bei Dunkelheit.	24
Tabelle 7	Kenngößen der Teilersatzquelle	40
Tabelle 8	Energie-Reflexionsdämpfungsmaße D_{refl} für Oberflächen von Aufbauten auf einer StOSchAnl.....	46
Tabelle 9	Energie-Streuungsmaße D_{scat} für Oberflächen von Aufbauten auf einer StOSchAnl.....	47
Tabelle 10	Mindestanforderungen an die Dokumentation einer Emissionssituation	69
Tabelle 11	Dokumentation einer Prognose in einem Aufpunkt	69
Tabelle 12	Ergebnisse der Prognose nach dem Schallausbreitungsmodell für den L_{AFmax} und den L_{Aeq}	79
Tabelle 13	Mittlere Einzelschusspegel (Zeile 6) und einseitiger oberer Vertrauensbereich (Zeile 7) in den Immissionsorten	81
Tabelle 14	Gegenüberstellung von Messung und Prognose (ebenes Gelände)	81
Tabelle 15	Gegenüberstellung von Messung und Prognose (Gelände)	82

A Anhang Musternebenbestimmungen (informativ)

A.1 Einleitung

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Standortschießanlagen (StOSchAnl) werden durch die Genehmigungsbehörde immissionsrechtliche Nebenbestimmungen für den Schießbetrieb beschieden. Diese Nebenbestimmungen stellen sicher, dass der Betrieb der StOSchAnl zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen in der Nachbarschaft im Sinne des BImSchG führt. Soweit sich diese Nebenbestimmungen auf Beschränkungen des Schießbetriebs beziehen, sollen sie die Betriebssituation betreffen, die zu dem höchsten Beurteilungspegel in dem maßgeblichen Immissionsort führen.

Wegen

- der großflächigen Anlage,
- der ausgeprägt gerichteten Schallausbreitung aus einer Anlage und
- der Vielzahl der bestimmungsgemäßen Betriebssituationen

ist es in der Regel nicht möglich und auch nicht sachgerecht, nur eine Betriebssituation mit ihrem maßgeblichen Immissionsort herauszugreifen. Vielmehr sind im Rahmen der Ermittlung der Lärmbelastung alle bestimmungsgemäßen Betriebssituationen in sachgerecht ausgewählten Immissionsorten zu betrachten, um daraus Auflagen ableiten zu können.

Auflagen können auch von der Aufsichtsbehörde nachträglich auferlegt werden. Auch diese Auflagen beziehen sich im Regelfall auf die bestimmungsgemäßen Betriebssituationen.

Dieser informative Anhang beschreibt und begründet exemplarisch eine Nebenbestimmung und stellt ein Angebot für eine sachgerechte Fassung einer Nebenbestimmung im Rahmen eines Genehmigungsbescheides oder im Rahmen einer nachträglichen Anordnung dar. Dabei wird die Anwendung der Verfahren des Leitfadens vorausgesetzt.

A.2 Grundlage von Auflagen

A.2.1 Einführung

Der Leitfaden beschreibt in Kapitel 3.4 alle auf einer StOSchAnl vorgegebenen bestimmungsgemäßen Betriebssituationen. Zwar wird die Betriebsbeschreibung einer konkreten Anlage gegebenenfalls eine Gewichtung der Betriebssituationen nach Maßgabe militärischer Erfordernisse ausweisen. Im Regelfall ist aber davon auszugehen, dass alle Betriebssituationen nach Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6 vorkommen werden. Es wird deshalb im Folgenden vorausgesetzt, dass für alle bestimmungsgemäßen Betriebssituationen der Beurteilungspegel in dem für die Situation maßgeblichen Immissionsort nach den Vorschriften der TA Lärm bzw. der VDI 3745 Blatt 1 für das einmalige Durchführen jeder Betriebssituation bestimmt sind.

Anmerkung

Es wird vorausgesetzt, dass die im Folgenden dargestellten Grundlagen im Rahmen einer gutachtlichen Stellungnahme qualifiziert bereitgestellt werden.

A.2.2 Auswahl der Immissionsorte

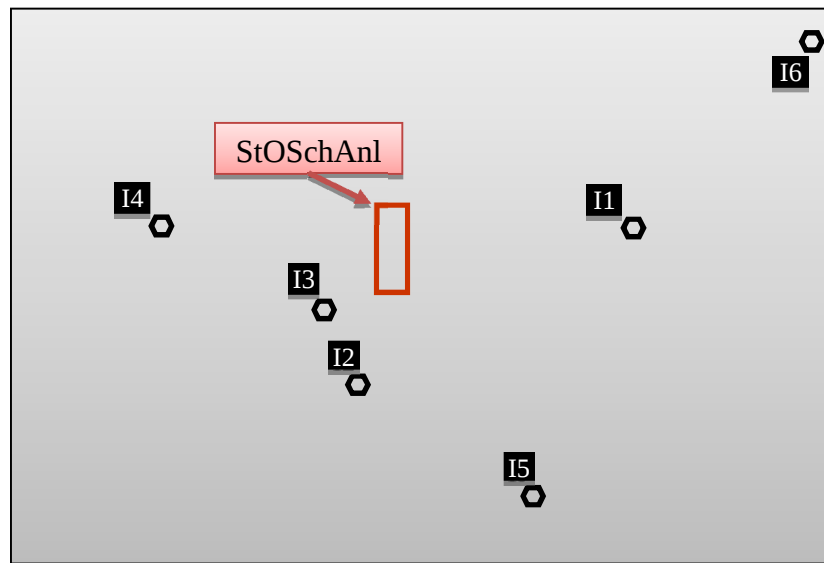


Abbildung A-1 Lagekennzeichnung der Immissionsorte und der StOSchAnl mit einem A-Stand

Abbildung A-1 zeigt die Festlegung der untersuchenden Immissionsorte um eine Anlage. Die Anlage besteht hier ausschließlich aus einem A-Stand, die in der Abbildung mit Antreterplatz als 300 m langes Rechteck dargestellt ist.

Anmerkung

Auf die Darstellung einer Hintergrundkarte wurde in Abbildung A-1 verzichtet. Die Maße ergeben sich aus der Kennzeichnung für die StOSchAnl.

Bei der Auswahl der Immissionsorte werden vorzugsweise Bebauungsränder gewählt. Wegen des großen Einwirkungsbereichs ist stets zu beachten, dass auch entfernt liegende Gebiete mit höherem Schutzniveau berücksichtigt werden. Die Auswahl der Immissionsorte für die Beurteilung von Schießlärm erfordert in der Regel ein erhebliches Vorwissen über zu erwartende Beiträge von der ausgeprägt gerichteten Schallabstrahlung einer StOSchAnl im Schießbetrieb. Die oben dargestellte Auswahl wird als sachgerecht vorausgesetzt.

A.2.3 Bestimmung der Beurteilungspegels einer Betriebssituation

Die Ermittlung des Beurteilungspegels für eine Betriebssituation b erfordert zunächst die Bestimmung des Beurteilungspegels des Einzelereignisses $L_{r,k,i}$ nach Gl. 45 des Leitfadens für jede zu der Betriebssituation gehörenden Emissionssituation k in jedem der in Abbildung A-1 dargestellten Immissionsort i .

In den Tabelle 3 und Tabelle 4 des Leitfadens (es wird hier nur ein A-Stand betrachtet) werden Schusszahlen $n_{b,k}$ für die Abstandszone und die Anschlagsart der Betriebssituation b angegeben. Diese Schusszahlen sind auf die Tagesstunden gleichmäßig aufzuteilen, in denen die Betriebssituation vorliegt, gleichmäßig aufzuteilen.

Die Schusszahlen in den Stunden 7 Uhr bis 20 Uhr werden mit der Gewichtung 1, die Schusszahlen in den Stunden 6 Uhr bis 7 Uhr und 20 Uhr bis 22 Uhr mit der Gewichtung 4 zu der effektiven Schusszahl der Beurteilungszeit Tags $n_{b,k,tags}$ addiert. Die Schusszahlen in den Stunden 22 Uhr bis 6 Uhr werden zu der effektiven Schusszahl der Beurteilungszeit Nachts $n_{b,k,nachts}$ addiert.

Der Beurteilungspegel für Tags $L_{G,b,i,tags}$ ergibt sich aus Gl. A-2; Der Beurteilungspegel für Nachts $L_{G,b,i,nachts}$ ergibt sich im Regelfall aus Gl. A-2.

$$L_{G,b,i,tags} = 10 \lg \left[\sum_k \left(n_{b,k,tags} 10^{0,1L_{r,k,i}} \right) - 10 \lg (16 \cdot 3600) \right] \text{ dB} \quad \text{Gl. A-1}$$

$$L_{G,b,i,nachts} = 10 \lg \left[\sum_k \left(n_{b,k,nachts} 10^{0,1L_{r,k,i}} \right) - 10 \lg (1 \cdot 3600) \right] \text{ dB} \quad \text{Gl. A-2}$$

A.2.4 Bestimmung der Konflikte

Aus den nach Gl. A-2 bestimmten Beurteilungspegeln werden die Konflikte K_{eq} und K_{max} der Betriebssituation durch Berücksichtigung der in den Immissionsorten geltenden Richtwerte IRW für die Beurteilungszeiten Tags und Nachts bestimmt.

$$K_{eq,b,i,tags} = L_{G,b,i,tags} - IRW_{i,tags} \quad \text{Gl. A-3}$$

$$K_{eq,b,i,nachts} = L_{G,b,i,nachts} - IRW_{i,nachts} \quad \text{Gl. A-4}$$

$$K_{max,b,i,tags} = \max_k (L_{r,b,i,k}) - (IRW_{i,tags} + 30 \text{ dB}) \quad \text{Gl. A-5}$$

$$K_{max,b,i,nachts} = \max_k (L_{r,b,i,k}) - IRW_{i,nachts} + 20 \text{ dB} \quad \text{Gl. A-6}$$

Im Regelfall ist nach TA Lärm eine meteorologische Korrektur bei der Beurteilung von Geräuschspitzen nicht anzuwenden.

Anmerkung

Bei der Bestimmung der Konflikte für die Beurteilung von Geräuschspitzen wird in den Gleichungen Gl. A-5 und Gl. A-6 auf den L_m (L_{AFmax} nach Gl. 44) abgestellt. Grundsätzlich unterliegt der L_{AFmax} ebenfalls den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. Auch dieser Pegel ist das Ergebnis einer Mittelung. Jede Abweichung von der Beurteilung eines meteorologisch unabhängigen L_{AFmax} , z. B. im Rahmen eines Lärmmanagements nach Abschnitt A.3.8 ist detailliert zu begründen.

Die Bestimmung der Konflikte für die Beurteilungszeit Tags erfolgt für die Betriebssituationen nach Tabelle 4, die für Nachts nach Tabelle 5 der Leitfadens.

Anmerkung

Der Konflikt ist die sachgerechte Kenngröße zur Beurteilung der Belästigung in diesem Verfahren. Bei Überschreitungen werden die Maßzahlen der Konflikte positiv, bei Unterschreitungen negativ.

Für jede Beurteilungszeit sind für die Beurteilung des Schießlärms nach TA Lärm zwei Konflikte zu bilden, zum einen um einen Vergleich mit dem Richtwert vorzubereiten und zum anderen um Geräuschspitzen beurteilen zu können. Die Definition und die Berechnung der Konflikte ist Gl. A-3 bis Gl. A-6 zu entnehmen.

- 1 Die Entscheidung, welcher Immissionsort i für die Betriebssituation b der maßgebliche ist,
2 folgt aus der Ermittlung des maximalen Konflikts nach den Gl. A-7 bis Gl. A-10.

$$K_{eq,b,tags} = \max_i (K_{eq,b,i,tags}) \quad \text{Gl. A-7}$$

$$K_{eq,b,nachts} = \max_i (K_{eq,b,i,nachts}) \quad \text{Gl. A-8}$$

$$K_{max,b,tags} = \max_i (K_{max,b,i,tags}) \quad \text{Gl. A-9}$$

$$K_{max,b,nachts} = \max_i (K_{max,b,i,nachts}) \quad \text{Gl. A-10}$$

- 3 Falls einer der Konflikte der Betriebssituation b positiv ist, ist die Betriebssituation b im Re-
4 gelbetrieb einer StOSchAnl für die jeweilige Beurteilungszeit nicht zulässig.

5 *Anmerkung*

6 *Der Begriff Regelbetrieb wird hier als der Betrieb einer StOSchAnl eingeführt, der ohne Ausnahmere-*
7 *gelungen auskommt. Dies wird weiter unten erläutert.*

- 8 Für die im Folgenden betrachteten Betriebssituationen wird davon ausgegangen, dass dies
9 nicht der Fall ist.

10 **A.2.5 Maßgebliche Betriebszahlen**

- 11 Aus den Konflikten K_{eq} können die maßgeblichen Betriebszahlen B_b bestimmt werden, die
12 gerade noch nicht zu einem positiven Konflikt $K_{eq} > 0$ dB führen. Die B_b sind die wesentli-
13 chen Kenngrößen für die sachgerechte und betriebsorientierte Beschränkung des Betriebs
14 einer StOSchAnl.

$$B_b = 10^{-0,1K_{eq,b}} \quad \text{Gl. A-11}$$

- 15 In Gl. A-11 wird nicht mehr zwischen Tags und Nachts unterschieden, weil die Betriebssitua-
16 tionen b beurteilungsspezifisch sind und die Konflikte zwar für die Beurteilungszeit gelten
17 aber nicht von ihr abhängen.

18 *Anmerkung*

19 *Diese Betriebszahlen sind ‚maßgeblich‘, weil sie das Ausmaß der Lärmbelastung in der Nachbarschaft*
20 *durch die Betriebssituation bestimmen.*

21

1 **A.2.6 Beispiel für die Angabe der maßgeblichen Betriebszahlen**

	1	2
1	Betriebssituation nach Tabelle 3	maßgebliche Betriebszahlen nach Gl. A-11
2	b	B_b
3	A-H-1	381
4	A-H-2	78
5	A-H-3	47
6	A-H-4	204
7	A-H-5	73
8	A-H-6	191
9	A-H-7	70
10	A-H-8	227
11	A-H-9	114
12	A-H-10	114
13	A-H-11	114
14	A-H-12	76
15	A-H-13	93
16	A-H-14	114
17	A-H-15	114
18	A-H-16	85
19	A-H-17	85
20	A-H-18	76
21	A-H-19	102
22	A-H-20	97
23	A-H-21	98
24	A-H-22	635
25	A-H-23	744
26	A-H-24	173
27	A-H-25	205
28	A-H-26	1232
29	A-H-27	185
30	A-H-28	113
31	A-H-29	170
32	A-H-30	113
33	A-H-31	132
34	A-H-32	395
35	A-H-33	112
36	A-H-34	89
37	A-H-35	236

	3	4
1	Betriebssituation nach Tabelle 3	maßgebliche Betriebszahlen nach Gl. A-11
2	b	B_b
38	A-H-36	395
39	A-H-37	165
40	A-H-38	419
41	A-H-39	220
42	A-H-40	220
43	A-H-41	146
44	A-H-42	247
45	A-H-43	165
46	A-H-44	165
47	A-H-45	110
48	A-H-46	282
49	A-H-47	220
50	A-H-48	308
51	A-H-49	345
52	A-H-50	370
53	A-H-51	739
54	A-H-52	616
55	A-H-53	185
56	A-H-54	205
57	A-H-55	205
58	A-H-56	205
59	A-H-57	161
60	A-H-58	205
61	A-H-59	308
62	A-H-60	176
63	A-H-61	308
64	A-H-62	168
65	A-H-63	191
66	A-H-64	190
67	A-H-65	204
68	A-H-66	78
69	A-H-67	238
70	A-H-68	78
71	A-H-69	381
72	A-H-70	119
73	A-H-71	381

*Tabelle A-1 Maßgebliche Betriebszahlen für Betriebssituationen
auf dem untersuchten A-Stand für die Beurteilungszeit Tags
Die Spalten 3 und 4 sind die Fortsetzungen der Spalten 1 und 2*

2
3
4

1 In Tabelle A-1 ist exemplarisch das Ergebnis der Ermittlung der maßgeblichen Betriebszahlen
2 für den betrachteten A-Stand angegeben. Auf die exemplarische Angabe für die Beurteilungs-
3 zeit Nachts wird verzichtet.

4 *Anmerkung*

5 *Die in Tabelle A-1 angegeben Zahlenwerte B_b sind die zulässigen Betriebszahlen einer realen Anlagen.*
6

A.3 Auflagenvorschlag

A.3.1 Voraussetzungen

Eine StOSchAnl wird von den Streitkräften im Rahmen ihrer hoheitlichen Aufgabe der Landesverteidigung für die Ausbildung der Soldaten und zur Erhaltung der Schießfertigkeiten unabdingbar benötigt. Der Betrieb dieser Anlagen richtet sich nach dem militärischen Bedarf. Dieser Bedarf ist im Regelfall abschätzbar und kann im Regelbetrieb einer StOSchAnl gedeckt werden.

Im BImSchG wird die Sonderstellung der Anlagen, die der Landesverteidigung dienen, allein schon dadurch deutlich, dass dem BMVg in den §§ 59 und 60 eigene Ausnahmeregelungen eingeräumt werden. Abweichungen vom Regelbetrieb solcher Anlagen können nicht ausgeschlossen werden. Sie folgen beispielsweise aus einer besonderen Vorbereitung auf einen spezifischen Einsatz. Sie sind erfahrungsgemäß selten.

Im Rahmen von immissionsrechtlich begründeten Nebenbestimmungen für den Betrieb einer StOSchAnl kann die Sonderstellung so berücksichtigt werden, dass nicht nur der Regelbetrieb sondern auch der seltene Ausnahmebetrieb einer StOSchAnl so gesteuert wird, dass der Schutz der Nachbarschaft vor Beeinträchtigungen durch Lärm im Regelbetrieb grundsätzlich und im Ausnahmebetrieb so weit wie zumutbar sichergestellt wird. Dies gelingt durch die Auflage maximaler (ohne Sondergenehmigung) Überschreitungstage in Jahresfrist und Beachtung von vorgebbaren Lärmmanagementregeln.

A.3.2 Evaluierungszeitraum

Die Betriebsgenehmigung gilt mit den auferlegten Beschränkungen zunächst für einen Evaluierungszeitraum von zwei Jahren nach Betriebsaufnahme.

A.3.3 Anordnung einer Messung nach TA Lärm bzw. VDI 3745-Blatt 1

Im Evaluierungszeitraum ist unverzüglich eine Messung nach TA Lärm bzw. VDI 3745 Blatt 1 von einer bekanntgegebenen oder einer nach länderspezifischen Regelung als qualifiziert anerkannten Messstelle durchzuführen. Bei der Messung sind die Emissionssituationen durch eine gesteuerte Messung zu erfassen, die bei den 5 Betriebssituationen auftreten, die zu den kleinsten Betriebszahlen B_b nach Tabelle A-1 führen.

Im Messbericht sind die auf der Grundlage der Messergebnisse ermittelten Betriebszahlen B'_b einschließlich ihrer Unsicherheiten anzugeben.

A.3.4 Beschränkung des Schießbetriebs

Die Beschränkung des Schießbetriebs erfolgt zunächst durch Übernahme aller nach der Art der Tabelle A-1 vorliegenden Tabellen (für alle Schießstände jeweils für beide Beurteilungszeiten) als Nebenbestimmung zur Beschränkung des Schießbetriebs. Die in den Tabellen angegebenen maßgeblichen Betriebszahlen B_b werden als maximal zulässige Anzahl der jeweiligen Betriebssituation je Betriebstag gekennzeichnet. Grundsätzlich wird dadurch eine tägliche (lärmakustische) Vollauslastung eingerichtet und festgelegt.

Anmerkung 1

In Tabelle A-1, Zeile 5, ist die Betriebssituation A-H-3, die Betriebssituation, die am stärksten zu beschränken ist; Also gleichbedeutend die Betriebssituation, die zu dem höchstem Beurteilungspegel führt. Nur diese Betriebssituation zu beschränken, wäre im Sinne des Immissionsschutzes nicht zielführend aber auch für den Betreiber nicht zweckmäßig. In der Regel wird $B_{A-H-3} = 47$ nicht erreicht. Am selben Tag sind aber mit denselben Soldaten auf der Anlage auch andere Übungen (Betriebssituation) durchzuführen.

Anmerkung 2

Es wird aus systematischen Gründen empfohlen, auch die Betriebssituationen in eine Auflage einzubeziehen, von denen aus praktischen Überlegungen keine Überschreitungen zu erwarten sind. Dies gilt beispielsweise für die Betriebssituation A-H-26 (Zeile 28, Tabelle A-1). Es ist organisatorisch nicht möglich, dass 1232 Schützen an einem Tag diese Übung schießen. Die Aufführung aller Betriebssituationen ist die notwendige Grundlage für ein Betriebsmanagement der Anlage, das täglich auch den Schießlärm berücksichtigt.

In der Regel werden an einem Schießtag mehr als eine Betriebssituation realisiert. Es ist deshalb in der Auflage zuzulassen, dass der Betreiber aus diesen Vollauslastungen Teilauslastungen so bestimmt, dass insgesamt die Vollauslastung nicht überschritten wird.

$$\sum_{b_r} \frac{x_{b_r}}{B_{b_r}} \leq 1 \quad \text{Gl. A-12}$$

In Gl. A-12 sind die Betriebssituationen b_r die am Schießtag realisierten Betriebssituationen und die x_{b_r} die tatsächliche Anzahl der realisierten Betriebssituationen b_r . Die B_{b_r} sind die maximal zulässige Betriebszahl der Betriebssituation b bzw. b_r nach der als Auflage übernommenen Tabelle A-1.

Diese Auflage erfolgt in Anlehnung an die DIN EN ISO 17201-5, die ein Lärmmanagement nach Kontingenten vorsieht.

A.3.5 Beschränkung der Betriebszeiten

Die Schießzeiten werden im Regelbetrieb auf werktags in der Zeit von 8 bis 20 Uhr für das Helligkeitsschießen beschränkt.

In begründeten Ausnahmefällen ist Schießen auch an Sonn- und Feiertagen unter Berücksichtigung der in der TA Lärm vorgegebenen Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit zulässig. (Schießen im Rahmen der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sind von der ÖRABw genehmigen zu lassen).

Anmerkung

Das Helligkeitsschießen und das Dunkelheitsschießen sind von der Jahreszeit abhängige Kennzeichnungszeiten des Betriebs einer StOSchAnl. Die Kennzeichnungszeit ‚Helligkeitsschießen‘ fällt stets in die Beurteilungszeit Tags. Die Kennzeichnungszeit ‚Dunkelheitsschießen‘ fällt in den drei Sommermonaten in die Beurteilungszeit Nachts; In den übrigen Jahreszeiten, insbesondere in den drei Wintermonaten, fallen wesentliche Teile dieser Kennzeichnungszeit auch in die Beurteilungszeit Tags.

Das Dunkelheitsschießen soll in der Beurteilungszeit Tags stattfinden, falls dies die Jahreszeit zulässt. Falls in der Beurteilungszeit Nachts geschossen werden muss, soll das Schießen so früh wie möglich, spätestens jedoch bis 24 Uhr beendet werden.

Anmerkung

Bei dem Betrieb einer StOSchAnl ist das Kriterium der lautesten Nachstunde nicht im Sinne des Immissionsschutzes. Es würde dazu führen, dass das Schießen gleichmäßig auf die Nacht verteilt würde und eine 8-stündige Nachtruhe nicht mehr gewährleisten wäre.

A.3.6 Vorbelastung

Die Ermittlung der Vorbelastung der StOSchAnl für die Genehmigung anderer Anlagen erfordert die Bestimmung der Belastung durch den tatsächlichen Betrieb. Die ÖRABw kann den tatsächlichen mittleren Schießbetrieb in Abhängigkeit von der Beurteilungszeit feststellen und nach einiger Betriebszeit der Genehmigungsbehörde auf Verlangen mitteilen.

Dazu ist dem Betreiber aufzuerlegen, den täglichen Betrieb nach Maßgabe der Betriebssituationen und ihrer tatsächlich durchgeführten Anzahl zu dokumentieren.

Anmerkung

Der Schießbetrieb auf einer StOSchAnl wird grundsätzlich auch für andere Zwecke nach diesen Maßstäben dokumentiert.

A.3.7 Vorsorge

A. Die Beschränkung des Schießbetriebs nach Kapitel A.3.4 beinhaltet ein wesentliches Element der Vorsorge. Da die maximalen Betriebszahlen von jeweils nur einem maßgeblichen Immissionsort bestimmt werden, die anderen daher während dieses Betriebs geringer belastet werden, werden insgesamt bei dem bedarfsgerechten Mischbetrieb der Anlage die Immissionsorte im Mittel geringer belastet als es die Immissionsrichtwerte zuließen. Die Anforderungen der Nummer 3.3 der TA Lärm bleiben unberührt.

B. Durch die Bestimmung eines täglichen Lärmmanagement unter Berücksichtigung der vorhergesagten Wetterbedingungen ist von einer weiteren Reduzierung der tatsächlichen Belastung auszugehen.

Anmerkung

Für das von der Bundeswehr für den Betrieb ihrer Truppenübungsplätze verbindlich eingeführte Lärmmanagement ist dieser Aspekt nachgewiesen.

A.3.8 Ausnahmebetrieb und Lärmmanagement

Die StOSchAnl kann an 5% der Tage eines Jahres die Betriebszahlen überschreiten, wenn militärische Ausnahmetatbestände dies erforderlich machen. An Überschreitungstagen ist sicherzustellen, dass die Immissionsrichtwerte nach 6.3 der TA Lärm für seltene Ereignisse nicht überschritten werden.

Falls möglich, sollen diese Tage vor dem Schießbetrieb bekannt gegeben werden. Werden mehr als 5% Überschreitungstage erforderlich, ist eine besondere Genehmigung von der Überwachungsbehörde einzuholen. Die Überwachungsbehörde prüft bei der Erteilung der Genehmigung die militärischen Ausnahmetatbestände unter Beachtung der Vorschriften in den §§ 59 und 60 BImSchG.

Für den Nachweis der Einhaltung kann die Überwachungsbehörde ein Lärmmanagement anordnen, das die Einhaltung der Auflagen im täglichen Betrieb der StOSchAnl im Sinne des Immissionsschutzes überwacht und den Betrieb so steuert, dass die geringste Belastung der Nachbarschaft erreicht werden kann.